中国科学: 地球科学 2019 年 第 49 卷 第 1 期: 289 ~ 314
SCIENTIA SINICA Terrae earthcn.scichina.com



评 述 中国综合地层和时间框架专辑

中国古近纪综合地层和时间框架

王元青[1,2,3*], 李茜[1,2], 白滨[1,2], 金迅[1,2], 毛方园[1,2], 孟津[4]

1. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室, 北京 100044;
2. 中国科学院生物演化与环境卓越创新中心, 北京 100044;
3. 中国科学院大学地球科学学院, 北京 100049;
4. American Museum of Natural History, New York, NY 10024, USA
* E-mail: wangyuanqing@ivpp.ac.cn

收稿日期: 2018-03-19; 收修改稿日期: 2018-11-07; 接受日期: 2018-11-14; 网络版发表日期: 2018-11-30
国家自然科学基金项目(批准号: 41572021)和全国地层委员会"中国主要断代地层建阶研究"项目资助

摘要 古近纪是中生代末大灭绝事件之后的第一个纪, 哺乳动物迅速辐射成为陆地生态系统的统治者, 亚洲被认为是众多类群的起源地. 由于亚洲特别是东亚地区古近系中绝大部分是陆相沉积, 且存在明显的地区差异, 建立一个年代地层框架是认识古近纪地质历史和生命演化历史及相互关系的基础. 古近系在国际年代地层系统中分为古新统、始新统和渐新统. 以反映哺乳动物演化阶段的哺乳动物期为基础, 中国的陆相古近系可以划分为11个阶: 上湖阶、浓山阶和巴彦乌兰阶(古新统), 岭茶阶、阿山头阶、伊尔丁曼哈阶、沙拉木伦阶、乌兰戈楚阶和白音阶(始新统)以及乌兰塔塔尔阶和塔奔布鲁克阶(渐新统). 各阶具有明显的古生物学特征, 特别是古哺乳动物学特征, 为实际运用提供了可靠的基础. 底界与统一致的各阶, 其底界年龄值采用国际地质年表中相应的数据, 即上湖阶、岭茶阶和乌兰塔塔尔阶的底界分别定为66.0、56.0和33.9Ma. 对于其他各阶, 利用现有的古地磁资料, 给出了相应的建议值.

关键词 古近纪, 年代地层框架, 对比, 生物地层, 磁性地层

1 引言

古近纪是新生代的第一个纪, 也是地质历史时期最为关键的时段之一. 在中生代末期的大灭绝事件中, 陆生的恐龙、翼龙和海生的菊石、鱼龙等动物类群灭绝, 古近纪动物群以崭新的面貌出现在地球上. 古近纪印度板块与欧亚板块的碰撞和环境变化事件及其与生物事件相互关系研究也受到广泛重视(Prothero和Berggren, 1992; Aubry等, 1998; Chen等, 2014a, 2016; Gehler等, 2016; Gingerich, 2016; Ingalls等, 2017; 丁林等, 2017; 胡修棉等, 2017; 王二七, 2017).

古近系(Paleogene)一词最早是由德国地质学家C. F. Naumann于1866年首次提出的, 当时包括始新统和渐新统(Berggren, 1998). 而早在1759年, 意大利地质学家G. Arduino就提出了第三系(Tertiary)一名, 用于代表现今认为的古近系和新近系(Head等, 2008). 1976年之后, 国际地层委员会已将新生界划分为古近系、新近系和第四系3个系. 1987年, 新近系分会决定地层表中

中文引用格式: 王元青, 李茜, 白滨, 金迅, 毛方园, 孟津. 2019. 中国古近纪综合地层和时间框架. 中国科学: 地球科学, 49: 289–314, doi: 10.1360/N072018-00080
英文引用格式: Wang Y Q, Li Q, Bai B, Jin X, Mao F Y, Meng J. 2019. Paleogene integrative stratigraphy and timescale of China. Science China Earth Sciences, 62: 287–309, https://doi.org/10.1007/s11430-018-9305-y

不再使用“Tertiary”这一术语，仅保留Paleogene和Neogene作为“系”级单元. 虽然随后发布的部分地层表中舍弃了“Tertiary”名称，仅保留古近系、新近系和第四系(如Cowie和Bassett, 1989; Remane, 2000)，但仍有很多年表或年代地层表中保留了“Tertiary”(如Harland等, 1990; Berggren等, 1995; Aubry等, 2005).

在中国，第三系及其下辖的下(老)第三系(Lower Tertiary)和上(新)第三系(Upper Tertiary)名称一直广泛沿用至20世纪末. 1999年12月, 全国地层委员会第三系专业组接受全国地层委员会办公室的推荐方案, 在“中国地质年代表”中采用国际地科联“1989全球地层表”方案, 即弃用第三纪名称, 将早第三纪和晚第三纪分别更名为古近纪和新近纪(张一勇和李建国, 2000). 至此, 古近纪和古近系作为正式的地质年代和年代地层单位在中国确定下来.

现行的国际地层表将古近系分为古新统(Paleocene)、始新统(Eocene)和渐新统(Oligocene), 统下又进一步划分为9个阶, 其中古新统3个阶、始新统4个阶、渐新统2个阶. 这一方案是国际古近纪地层分会在1989年华盛顿国际地质大会期间确定下来的(Jenkins和Luterbacher, 1992). 除了始新统巴顿阶(Bartonian)和普里亚本阶(Priabonian)之外，其余各阶的全球标准层型剖面和点位(GSSP)都已经确定. 它们分别是：古新统的丹麦阶(Danian)(突尼斯El Kef, 1991年批准; Molina等, 2006)、塞兰特阶(Selandian)和坦尼特阶(Thanetian)(西班牙Zumaia, 2008年批准; Schmitz等, 2011), 始新统的伊普里斯阶(Ypresian)(埃及Dababiya, 2003年批准; Aubry等, 2007)和卢泰特阶(Lutetian)(西班牙Gorrondatxe, 2011年批准; Molina等, 2011), 以及渐新统的吕珀尔阶(Rupelian)(意大利Massignan, 1992年批准; Premoli Silva和Jenkins, 1993)和夏特阶(Chattian)(意大利Monte Cagnero, 2016年批准; Coccioni等, 2018).

上述全球标准层型剖面和点位都建立在海相地层剖面上，除了始新统底界(同时也是伊普里斯阶底界)是以碳同位素负漂为标志外，其他的均以海相生物，特别是钙质超微化石和浮游有孔虫等的演替为依据(Luterbacher等, 2004; Vandenberghe等, 2012). 中国的古近系以陆相沉积为主，海相地层仅见于台湾、西藏南部以及塔里木盆地西南缘等地(李云通, 1984). 与海相国际标准的对比存在相当大的困难. 同时, 中国的古近系中蕴藏了丰富的石油、煤、盐类等矿产资源，建立符合中国古近系特点的区域性年代地层框架十分必要.

2 中国古近纪年代地层学研究简史

显生宙的年代地层研究基本上是以生物地层研究为基础的. 中生代末期，恐龙等大型陆生爬行动物灭绝，为陆生动物的演化提供了广阔的生态空间，哺乳动物凭借自身形态和机能的优势，迅速辐射，成为新生代陆地生态系统中占主导地位的类群. 哺乳动物在陆相新生代地层的研究中具有重要意义.

中国古近系早期研究中，最有影响的当属20世纪20年代美国自然历史博物馆中亚考察团在中国内蒙古二连盆地的工作. 他们不仅发现采集了大量的化石, 而且还命名了一系列岩石地层单位. 根据他们在不同层位中发现的哺乳动物群，参照北美新生代哺乳动物分期的方式(Wood等, 1941; Woodburne, 1987), Romer (1966)提出了相关的亚洲古近纪哺乳动物期. 这些工作成为中国乃至东亚和中亚地区古近系划分对比的重要参照之一(王元青等, 2012). Romer(1966)提出的亚洲古近纪哺乳动物期中，多数源于内蒙古二连盆地的哺乳动物群，包括：乌兰布拉克期(Ulanbulakian)、阿山头期(Arshantan)、伊尔丁曼哈期(Irdinmanhan)、沙拉木伦期(Sharamurunian)、乌兰戈楚期(Ulangochuian)和呼尔井期(Houldjinian)(图1).

20世纪60~70年代开展的华南“红层”研究以及各省区的区域地质调查工作也为中国古近系研究作出了重要贡献(中国科学院古脊椎动物与古人类研究所华南红层队, 1977). 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所和南京地质古生物研究所(1979)共同编纂的《华南中、新生代红层》论文集集中反映了相关成果. Li和Ting(1983)在总结中国古近纪哺乳动物时，根据当时的进展，提出了上湖期(Shanghuan)、浓山期(Nongshanian)、巴彦乌兰期(Bayanulanian)、岭茶期(Lingchan)和塔奔布鲁克期(Tabenbulukian). 童永生(1989)以及童永生和黄学诗(1991, 见童永生等, 1995)又分别提出了那读期(Naduan)和乌兰塔塔尔期(Ulantatalian). 随着认识的不断深入，有的期因所依据的动物群时代的调整而自然弃用，如巴彦乌兰期；有的期的存留也存在争议，如呼尔井期；在某些名称的采用上也有不同意见，如乌兰塔塔尔期(童永生等, 1995; 王伴月,

纪	世	Romer (1966)	Li和Ting (1983)	童永生等 (1995)	王伴月 (1997a)	王元青等 (2006)	本文 (2018)	亚洲哺乳动物分期 Luterbacher (2004)
古近纪	渐新世	三达河期 呼尔井期 乌兰戈楚期	塔奔布鲁克期 呼尔井期 乌兰戈楚期	塔朋布拉格期 乌兰塔塔尔期 乌兰戈楚期	塔奔布鲁克期 三达河期	塔奔布鲁克期 乌兰塔塔尔期	塔奔布鲁克期 乌兰塔塔尔期	塔奔布鲁克期 三达河期
	始新世	沙拉木伦期, 伊尔丁曼哈期 阿山头期 乌兰布拉克期	沙拉木伦期 阿山头期 岭茶期 巴彦乌兰期	那读期 沙拉木伦期 伊尔丁曼哈期 阿山头期 岭茶期	呼尔井期 乌兰戈楚期 那读期 沙拉木伦期 伊尔丁曼哈期 阿山头期 岭茶期	乌兰戈楚期 那读期 沙拉木伦期 伊尔丁曼哈期 阿山头期 岭茶期	白音期 乌兰戈楚期 沙拉木伦期 伊尔丁曼哈期 阿山头期 岭茶期	额吉尔期 乌兰戈楚期 沙拉木伦期 伊尔丁曼哈期 阿山头期 崩班期
	古新世	格沙头期	浓山期 上湖期	浓山期 上湖期	浓山期 上湖期	格沙头期 浓山期 上湖期	巴彦乌兰期 浓山期 上湖期	格沙头期 浓山期 上湖期

图 1　中国古近纪哺乳动物期划分沿革

1997a, 1997b). 王伴月(1997a, 1997b)根据国际渐新统底界研究的进展和北美陆相地层与海相标准对比的结果, 重新厘定了相关哺乳动物期的时代, 将乌兰戈楚期和呼尔井期的动物群全部归入晚始新世. 至此, 中国古近纪哺乳动物年代学框架基本形成(图1). 这些期也经常被国外同行用来讨论洲际生物地层对比和哺乳动物扩散等问题(如Archibald等, 1987; Beard和Dawson, 1999; Lofgren等, 2004; Clyde等, 2008, 2010). 其中, 上湖期、浓山期、阿山头期、伊尔丁曼哈期、沙拉木伦期、乌兰戈楚期和塔奔布鲁克期作为亚洲古近纪哺乳动物期被收入地质年表中(Luterbacher等, 2004; Vandenberghe等, 2012; 图1).

鉴于哺乳动物在古近纪地层划分对比以及时代确定上的重要性, 在1999年12月于北京召开的全国地层委员会各断代专业组工作会议上, 第三系专业组同意以哺乳动物的演替为依据、并结合其他生物和非生物因素, 建立中国的陆相古近系和新近系"阶"的序列, 提交将于2000年召开的第三届全国地层会议讨论(张一勇和李建国, 2000). 依据这一建议, 张一勇和李建国(2000)给出了一个可能的中国古近纪年代地层划分方案, 自下而上依次为: 上湖阶和浓山阶(古新统), 五图阶、阿山头阶、伊尔丁曼哈阶、沙拉木伦阶和乌兰戈楚阶(始新统), 乌兰布拉格阶和塔朋布鲁克阶(渐新统), 这与张一勇等(2000)方案中的阶名略有不同(图2). 后来, 经过部分同行的协商, 对部分阶的名称进行了修改, 2002年全国地层委员会公布的方案为: 上湖阶和池江阶(古新统), 岭茶阶、卢氏阶、垣曲阶和蔡家冲阶(始新统), 乌兰布拉格阶和塔本布鲁克阶(渐新统)(全国地层委员会, 2002). 2014年, 全国地层委员会公布了"中国地层表(2014)", 对划分方案进行了微调, 修改为: 上湖阶和池江阶(古新统), 岭茶阶、阿山头阶、伊尔丁曼哈阶、垣曲阶和蔡家冲阶(始新统), 乌兰布拉格阶和塔本布鲁克阶(渐新统)(章森桂等, 2015; 图2).

3　中国陆相古近纪年代地层框架的重新厘定

依据全国地层委员会第三系专业组1999年以哺乳

系	统	张一勇、李建国 (2000)	张一勇等 (2000)	全国地层委员会 (2002)	全国地层委员会 (2014)	本文 (2018)
古近系	渐新统	塔朋布鲁克阶	塔朋布拉格阶	塔本布鲁克阶	塔本布鲁克阶	塔奔布鲁克阶
		乌兰布拉格阶	三达河阶	乌兰布拉格阶	乌兰布拉格阶	乌兰塔塔尔阶
	始新统					白音阶
		乌兰戈楚阶	那读阶	蔡家冲阶	蔡家冲阶	乌兰戈楚阶
		沙拉木伦阶	沙拉木伦阶	垣曲阶	垣曲阶	沙拉木伦阶
		伊尔丁曼哈阶	伊尔丁曼哈阶	卢氏阶	伊尔丁曼哈阶	伊尔丁曼哈阶
		阿山头阶	阿山头阶		阿山头阶	阿山头阶
		五图阶	岭茶阶	岭茶阶	岭茶阶	岭茶阶
	古新统					巴彦乌兰阶
		浓山阶	浓山阶	池江阶	池江阶	浓山阶
		上湖阶	上湖阶	上湖阶	上湖阶	上湖阶

图 2　中国古近系年代地层划分沿革

动物的演替为依据、结合其他生物和非生物因素，建立中国的陆相古近系和新近系“阶”的序列的意见，古近纪哺乳动物期可以作为建立中国陆相古近系“阶”的基础. 由于2014年公布的“中国地层表(2014)”中，有些“阶”名与国际上普遍接受为亚洲古近纪哺乳动物期的名称并不一致, 同时相关研究也发现一些新的问题, 因此有必要对中国陆相古近纪年代地层框架进行重新厘定.

3.1　中国古近纪哺乳动物期

目前采用的方案，是将中国古近纪划分为11个哺乳动物期，即：古新世的上湖期、浓山期和格沙头期，始新世的岭茶期、阿山头期、伊尔丁曼哈期、沙拉木伦期、那读期和乌兰戈楚期以及渐新世的乌兰塔塔尔期和塔奔布鲁克期(王元青等, 2006; 图1). 其中大部分期的定义均采用童永生等(1995)、王伴月(1997b)、Ting(1998)和王元青等(2006)的方案，对少数需要厘定的期分别说明如下.

3.1.1　格沙头期和巴彦乌兰期

童永生等(1995)将中国古新世分为2个哺乳动物期: 上湖期和浓山期, 并且将内蒙古脑木根组和新疆台子村组的哺乳动物化石都归入浓山期. 然而, 它们与典型的浓山期哺乳动物存在明显的差异，并且与蒙古格沙头期动物群非常接近(Wang等, 1998). 同时，在中国南方也存在类似的哺乳动物群，如安徽宣城和池州的双塔寺组以及明光的土金山组中的哺乳动物(黄学诗和陈烈祖，1997；黄学诗和郑家坚，1997；Wang等, 1998；黄学诗, 2003). 因此，有必要将中国古新世划分为3个哺乳动物期. 多数研究者在后来的工作中选择保留格沙头期作为古新世的最晚的分期(Meng和McKenna，1998；Meng等，1998；Ting，1998；Wang等，1998; Bowen等, 2002; Clyde等, 2008, 2010; Ting等, 2011). 考虑到建立中国古近系年代地层系统的需要，有必要采用有别于格沙头期的哺乳动物分期名称.

Li和Ting(1983)基于内蒙古苏尼特右旗巴彦乌兰地点“巴彦乌兰组”(江浩贤, 1983)中发现的哺乳动物化

石提出了巴彦乌兰期, 并将其作为古新世/始新世过渡类型的代表. 后来的研究表明, 所谓的“巴彦乌兰组”实际上与脑木根组并不是上下关系, 而是相变关系. 其中所产的哺乳动物化石也多是脑木根组中的典型分子, 属于格沙头期(Meng等, 1998). 这样, 巴彦乌兰期就似乎失去了存在的必要而不再被使用. 中国这一时期的哺乳动物化石以内蒙古二连盆地最为丰富, 巴彦乌兰地点发现哺乳动物化石很有代表性, 而且该地点的知名度也非常高, 因此重新启用巴彦乌兰期就是一个比较理想的选择. 虽然它与“巴彦乌兰组”重名, 但“巴彦乌兰组”命名之后并没有得到广泛的运用, 而且已经很多年无人使用, 启用巴彦乌兰期并不会造成认识上的混淆. 因此, 建议在中国古近纪哺乳动物分期中用巴彦乌兰期替代格沙头期. 相应地在中国古近系年代地层框架中增加巴彦乌兰阶(Bayanulanian Stage).

3.1.2　那读期

根据发现于广西百色盆地那读组中的哺乳动物群, 童永生(1989)提出了那读期, 并将其置于中国古近纪哺乳动物分期序列中沙拉木伦期与乌兰戈楚期之间. 最近的研究显示, 内蒙古二连盆地产沙拉木伦期和乌兰戈楚期动物群的地层基本上是连续的, 在动物群上不太可能存在明显的缺失. 在百色盆地, 那读组之下的洞均组所产的哺乳动物可以与伊尔丁曼哈期的化石相对比. 因此, 单独建立那读期并将其置于沙拉木伦期与乌兰戈楚期之间缺乏地层学证据的支持. 虽然始新世时中国大部分地区基本上处在同一个动物地理区系, 但东部和南部沿海存在一个狭长的湿润森林型动物带, 广西百色就处在这一狭长地带内(邱铸鼎和李传夔, 2004). 因此, 那读组哺乳动物与北方地区典型动物群之间的差异更可能是生存环境的不同造成的. 那读组哺乳动物大体上反映了沙拉木伦期的面貌(汤英俊等, 1974). 显然, 将“那读期”作为中国古近纪哺乳动物分期中一个独立的期缺乏足够的证据.

3.1.3　乌兰戈楚期和白音期(Baiyinian)

王伴月(1997a)根据国际渐新统底界研究的进展和北美陆相地层与海相标准对比的结果, 将乌兰戈楚期和呼尔井期的动物群全部归入晚始新世. 由于童永生等(1995)将呼尔井期合并到乌兰戈楚期中, 乌兰戈楚期被作为中国始新世最晚的一个哺乳动物分期(王元青等, 2006). 近年来在内蒙古二连盆地的工作显示, 在含典型的乌兰戈楚期动物群地层与含早渐新世动物群地层之间, 还存在一套沉积, 所产的化石与蒙古额吉尔期(Ergilian)动物群可以对比. 乌兰戈楚期和额吉尔期均被列入亚洲古近纪哺乳动物分期中, 并且额吉尔期被认为是始新世最晚的一个期(Luterbacher等, 2004; Vandenberghe等, 2012). 为保持乌兰戈楚期在中国古近纪哺乳动物分期中的含义与其在亚洲古近纪哺乳动物分期中的含义一致, 有必要将中国与蒙古额吉尔期动物群相当的哺乳动物群单独划分出来, 建立一个新的哺乳动物期.

王伴月(1997a)对童永生等(1995)将呼尔井期并入乌兰戈楚期持有不同意见, 认为呼尔井动物群与乌兰戈楚动物群有明显的区别, 前者比后者进步, 建议保留呼尔井期将其作为始新世最晚的哺乳动物期. 近年来在呼尔井典型地点的野外工作中发现, 原来报道的呼尔井动物群极有可能存在因搬运再沉积造成的混层. 呼尔井动物群的准确时代仍然难以确定. 此外, 呼尔井地点的露头孤立, 与其他地层的关系不清, 在重新建立的二连盆地古近纪地层层序中, 没有能可靠对比的同期沉积. 因此, 将“呼尔井期”作为始新世最晚的哺乳动物期缺乏可靠的证据.

典型的乌兰戈楚期动物群和早渐新世动物群之间的动物群在二连盆地有比较广泛的分布, 且产出层位稳定, 应该单独建立分期, 以适应年代地层划分的需要. 含有该动物群的地层在四子王旗白音敖包苏木所在地附近有较好的出露, 可以借用白音敖包一名将这个哺乳动物期命名为白音期(Baiyinian).

3.1.4　乌兰塔塔尔期

乌兰塔塔尔期是童永生和黄学诗1991年根据内蒙古阿拉善左旗乌兰塔塔尔动物群提出的, 认为其地质时代属于渐新世中期(童永生等, 1995). 王伴月(1997b)认为乌兰塔塔尔动物群的时代仅代表早渐新世的最晚期, 不太合适用来命名早渐新世哺乳动物期, 建议用Romer(1966)根据蒙古的三达河动物群提出的三达河期(Hsandagolian)作为亚洲渐新世早期的哺乳动物期的名称. 近年来, 在乌兰塔塔尔地点开展的相关工作表明, 乌兰塔塔尔动物群的包含了多个化石层位, 可以与蒙古的三达河动物群对比(Zhang等, 2016及个人交流). 考虑到建立中国古近纪年代地层框架的需要, 本文采

用乌兰塔塔尔期作为中国古近纪哺乳动物分期中早渐新世的代表.

3.2 中国古近纪年代地层划分

综合以上分析, 可以将中国古近纪划分为11个哺乳动物期. 它们分别是: 古新世的上湖期、浓山期和巴彦乌兰期, 始新世的岭茶期、阿山头期、伊尔丁曼哈期、沙拉木伦期、乌兰戈楚期和白音期以及渐新世的乌兰塔塔尔期和塔奔布鲁克期(图1). 相应地, 可以将中国的古近系划分为11个阶: 古新统的上湖阶、浓山阶和巴彦乌兰阶, 始新统的岭茶阶、阿山头阶、伊尔丁曼哈阶、沙拉木伦阶、乌兰戈楚阶和白音阶以及渐新统的乌兰塔塔尔阶和塔奔布鲁克阶(图2).

与"中国地层表(2014)"相比, 这个划分方案有如下变化. (1) 取消原池江阶, 以浓山阶和巴彦乌兰阶代替. 主要依据是: 在池江阶提出之前, 在哺乳动物分期中, 已经存在相应的浓山期, 根据优先原则, 应采用对应的浓山阶; 原来将古新世分为2个哺乳动物期的方案不能与新的古新世哺乳动物生物地层研究进展相适应, 并且与被国际学术界广泛接受的亚洲古新世哺乳动物分期方案不一致. (2) 用沙拉木伦阶和乌兰戈楚阶分别替代原垣曲阶和蔡家冲阶. 主要依据是: 在垣曲阶和蔡家冲阶提出之前, 在哺乳动物分期中, 已经存在相应的沙拉木伦期和乌兰戈楚期, 根据优先原则, 应采用对应的沙拉木伦阶和乌兰戈楚阶; 另外, 沙拉木伦期和乌兰戈楚期已经被广泛接受为亚洲始新世哺乳动物期, 以此为基础建阶有利于国际学术交流. (3) 新建白音阶. 其依据是: 近年来的工作显示, 含典型的乌兰戈楚期动物群地层之上、渐新世地层之下存在一套沉积, 需要在中国古近纪年代地层框架中予以体现; 亚洲古近纪哺乳动物分期中, 乌兰戈楚期之上还有额吉尔期, 将其单独划出, 可以保持乌兰戈楚期在中国和亚洲哺乳动物分期序列中的含义一致. (4) 用乌兰塔塔尔阶代替乌兰布拉格阶. 理由是: 在乌兰布拉格阶提出之前, 在哺乳动物分期中已经有相应的乌兰塔塔尔期, 根据优先原则, 应采用对应的乌兰塔塔尔阶; 乌兰塔塔尔期不仅提出时间早, 其动物群在国内外学术界的知名度也要远大于乌兰布拉格阶动物群, 并且近年来在乌兰塔塔尔地点开展的岩石地层、生物地层和磁性地层的工作取得了重要进展(Zhang等, 2016), 采用乌兰塔塔尔阶有利于国内和国际的学术交流.

上述方案不仅反映了相关研究工作的最新进展, 而且体现了中国古近系的区域特色, 同时有利于国际交流, 有利于在亚洲区域性陆相古近纪生物地层和年代地层框架的研究中发挥更重要的作用.

4 各阶的底界和生物地层学特点

由于各年代地层单位在中国年代地层序列中所处的位置不同, 一些阶的底界同时也是统的底界, 甚至是系或界的底界. 根据《国际地层指南》的要求, 统要在世界范围内识别(金玉玕等, 2000), 也就是说统以上的年代地层单位的底界是全球统一的. 因此, 这些阶的底界应该参照国际上相应的界线来确定. 其他一些阶作为区域性的年代地层单位, 其底界可以根据区域生物演化历史来确定, 以反映区域特色.

中国古近纪年代地层框架是以哺乳动物演化为依据、以哺乳动物分期为基础建立的, 因此哺乳动物的特征对于确定各阶的时代、认识各阶的生物地层学特点有着重要意义. 本节将在介绍各阶底界的基础上, 重点介绍各阶的哺乳动物地层学特点, 并综合介绍相关陆相化石类群在生物地层学上的意义.

4.1 上湖阶

4.1.1 上湖阶底界

上湖阶的底界既是古新统底界, 也是古近系和新生界的底界, 应该与国际标准的丹麦阶底界相一致. 国际地层委员会批准的丹麦阶全球标准层型剖面和点位位于突尼斯的El Kef(Molina等, 2006). 其底界也是古新统、古近系和新生界的底界. 自2012年起, 国际地层委员会公布的国际地层表中将这一界线的年龄定为66.0Ma(Vandenberghe等, 2012). 因此, 上湖阶的底界年龄也应该定为66.0Ma.

广东南雄盆地大塘镇附近的大塘剖面(有人称之为鹅颈岭-逆龙坑剖面, 即杨梅坑-逆龙坑剖面的上部)是目前研究比较详细的剖面, 但关于剖面上K/T界线的位置却存在不同的意见(见童永生等, 2002, 2013; 赵资奎等, 2017). 其中比较有代表性的观点有两个: 一是哺乳动物化石研究者长期坚持的以上湖组底界为K/T界线(童永生等, 2002, 2013); 另一个是以孢粉化石为依据, 将K/T界线置于剖面的57~78m的位置, 位于前述界线之下约80~100m(Erben等, 1995; 童永生等,

2013; 赵资奎等, 2017). 由于陆相化石无法与海相浮游有孔虫确定的界线直接对比, 仅从化石本身很难作出判断. 根据Erben等(1995)发表的大塘剖面古地磁结果, C30n和C29r极性带转换的位置在剖面的49m和57m之间. 这一结果与后来的古地磁研究结果是吻合的(Clyde等, 2010). 对照这一结果, 以孢粉确定的界线就接近C29r极性带底部, 与国际地质年表中K/T界线位于C29r极性带中上部明显不符. 以哺乳动物化石确定的K/T界线, 不仅位于C29r极性带中上部, 而且与之相伴的还有明显的碳同位素负漂(Clyde等, 2010), 可能与K/T界线上的碳同位素负漂相对应(Molina等, 2006). 另外, 上覆浓山组大塘段底部的火山灰夹层中锆石的测年结果显示其位于C26r极性带, 间接支持了哺乳动物化石确定的K/T界线位于C29r极性带中上部的结论. 虽然南雄盆地上湖组与浓山组之间局部存在假整合, 但并不存在长时间的沉积间断. 在目前无法精确标定中国陆相K/T界线位置的情况下, 以根据哺乳动物化石确定的K/T界线暂时代替上湖阶的底界应该是合理可行的方案.

4.1.2　哺乳动物

因中国中生代最晚期的哺乳动物化石极为稀少, 上湖阶的哺乳动物化石呈现出来的是一个全新的面貌. 各目均是新出现的类群, 其中狉兽目(Anagalida)和模鼠兔目(Mimotonida)是亚洲特有类群, 而全齿目(Pantodonta)、裂齿目(Tillodontia)以及中兽目(Mesonychia)都在这一时期出现了世界上时代最早、形态最原始的代表(王元青等, 2006). 根据以前生物地层对比的结果, 上湖阶中发现的哺乳动物化石中, 除个别属种外, 均仅限于上湖阶中.

上湖阶以含丰富的阶齿兽(*Bemalambda*)化石为其显著特点, 该属在所有含哺乳动物化石的上湖阶中几乎都有发现(Wang等, 1998). 阶齿兽科则是上湖阶中特有的科(王元青等, 2006). 需要注意的是, 阶齿兽属并不是在上湖阶底部就开始出现的(Wang Y Q等, 2016), 上湖阶最低层位的哺乳动物化石是产于广东南雄盆地的古亚洲裂齿兽(*Carnilestes palaeoasiaticus*)(Wang和Zhai, 1995; 童永生等, 2013)以及安徽潜山盆地的安徽丽狉(*Astigale wanensis*)(张玉萍和童永生, 1981)和潜水本爱兽(*Benaius qianshuiensis*)(Wang和Jin, 2004). 已知发现于上湖阶的哺乳动物化石中, 大部分属都仅限于上湖阶中. 除裂齿兽属(*Carnilestes*)、丽狉属(*Astigale*)和本爱兽属(*Benaius*)之外, 还包括叉齿兽属(*Hypsilolambda*)、岭南狉属(*Linnania*)、珠玑狉属(*Zhujegale*)、*Stenanagale*、皖狉属(*Wanogale*)、双峰兽属(*Diacronus*)、非猬属(*Anictops*)、副非猬属(*Paranictops*)、强假猬属(*Cartictops*)、安徽兽属(*Wania*)、安琪掠兽属(*Anchilestes*)、祖鼬属(*Pappictidops*)、湖口兽属(*Hukoutherium*)、小尖兽属(*Meiostylodon*)、丰齿兽属(*Plethorodon*)、罗佛寨兽属(*Lofochaius*)、原肉齿兽属(*Prosarcodon*)等. 这些化石可以作为上湖阶的指示性化石.

4.1.3　其他化石

广东南雄盆地大塘剖面的其他化石, 都有所研究. 虽然研究程度有所差异, 但可以大致提供其他化石的产出情况.

(1) 轮藻. 上湖阶的轮藻化石属于常州厚球轮藻-稍短宽轮藻(*Grovesichara changzhouensis-Latochara curtula*)组合(王振等, 1979). 在南雄盆地大塘剖面上, 主要化石种类包括: *Charites sadleri*、*C. styliovalis*、*C. oblonga*、*Gobichara desena*、*Grovesichara changzhouensis*、*Peckichara varians*、*P. longa*、*P. zhijiangensis*、*Croftiella* cf. *stenoformis*、*Neochara sinuolata*、*N. huananensis*、*Stephanochara ·kiangsuensis*、*S. breviovalis*、*S. cuneiformis*、*S. huangjianensis*、*S. funingensis*、*S. micrococca*、*S. hukouensis*、*Stephanochara wanzhuangensis*、*Rhabdochara jiangduensis*、*Latochara curtula*、*L. cylindrica*(黄仁金, 1988). 这一组合化石的显著特点是出现了较多的侧壁上常发育瘤状表面装饰或顶部具梅花形、顶瘤、顶盖等类型, 主要产于古近纪地层中(黄仁金, 1988).

(2) 介形类. 上湖阶的介形类属于*Porpocypris-Parailyocypris-Cypridea*组合. 上湖组中发现的化石有: *Ilyocypris subhuangqiaoensis*、*Parailyocypris taizhouensis*、*Cypridea* (*Cypridea*) *xindianensis*、*C.* (*Pseudocypridina*) *subtera*、*Cyprois depressa*、*Porpocypris orbiculata*(何俊德, 1979; 杨恒仁, 1979; 张小筠, 1988).

(3) 非海相腹足类. 上湖阶的非海相腹足类属于*Ptychochilus bellus-Agallospira multispiralis*组合, 以陆栖肺螺类和淡水前鳃类为主. 主要属种有: *Ptychochilus bellus*、*Shanghuspira costata*、*Parhydrobia* sp.、

Palaeostrobilops sp.、*Nystia lumninosa*、*Incrella*? *incerta*、*Agallospira multispiralis*、*Zhengjiangospira dignata*、*Hydrobia datangensis*、*Grandipatula*? *deformis*、*Charydrobia* cf. *lubrica*、*Fluminicola guangdongensis*等(余汶, 1977; 余汶等, 1990).

(4) 叶肢介. 中国古近纪含哺乳动物化石的地层中, 叶肢介化石极少. 南雄盆地上湖组中仅有常州抚顺雕饰叶肢介(比较种)(*Fushunograpta* cf. *changzhouensis*)一种, 且标本破碎(陈丕基, 1986). 所产哺乳动物可以与上湖组对比的三水盆地莘庄村组(原埗心组一段)(王伴月和张韦, 1997)中还有三水南海叶肢介(*Nanhaiestheria sanshuiensis*)(沈炎彬和张显球, 1979; 张韦和林汉伟, 2000). 沈炎彬和张显球(1979)还描述了勐腊近狭叶肢介(*Paraleptestheria menglaensis*).

(5) 孢子花粉. 南雄盆地上湖组的孢粉组合中, 被子植物花粉在组合中占绝对优势(84.12%), 其中尤以具孔类花粉为主, 主要为榆粉属(*Ulmipollenites*)、脊榆粉属(*Ulmoideipites*)、桤木粉属(*Alnipollenites*)和枫杨粉属(*Pterocaryapollenites*)等; 三沟类花粉主要为栎粉属(*Quercoidites*); 三孔沟类花粉以栗粉属(*Cupuliferoipollenites*)为主. 裸子植物花粉占总数的12.10%, 以杉粉属(*Taxodiaceaepollenites*)为主, 还有单槽粉属(*Monosulcites*)、落叶松粉属(*Laricoidites*)、麻黄粉属(*Ephedripites*)和单束松粉属(*Abietineaepollenites*)等. 蕨类孢子含量很低, 仅占3.4%, 有希指蕨孢属(*Schizaeoisporites*)、凤尾蕨孢属(*Pterisisporites*)和海金沙孢属(*Lygodiumsporites*)(李曼英, 1989).

4.2 浓山阶

4.2.1 浓山阶底界

浓山阶的底界对应的是哺乳动物期的上湖期与浓山期之间的界线. 已知产出浓山期哺乳动物化石的层位主要有: 广东南雄盆地的浓山组、江西池江盆地的池江组以及安徽潜山盆地的望虎墩组上段上部至痘姆组(Wang等, 1998). 根据各盆地哺乳动物化石的产出层位, 竹桂坑双脊兽(*Dilambda zhuguikengensis*)、华美翼齿兽(*Harpyodus decorus*)、古井曙猈(*Eosigale gujingensis*)、余氏棋盘兽(*Qipania yui*)和余井高脊兽(*Altilambda yujingensis*)几种是浓山阶中层位最低的哺乳动物, 接近浓山阶底部, 可以用作定义浓山阶底界. 同时因仅限于浓山阶而可作为判定产出地层时代的依据.

磁性地层学研究的结果显示, 在上湖期与浓山期哺乳动物化石产出层位之间, 存在磁极性带C27n与C26r的转换, 这一转换界线分别与南雄盆地上湖组/浓山组界线和池江盆地狮子口组/池江组界线基本一致(Clyde等, 2008, 2010), 可以用来辅助定义浓山阶底界. 如果接受磁极性带C27n与C26r之间的界面为浓山阶的底界, 那么浓山阶底界的年龄则可定为62.22Ma (Ogg, 2012).

4.2.2 哺乳动物

浓山阶中发现的哺乳动物化石仍以古老类群为主, 但与上湖阶相比, 古老类群的比例有所下降. 混齿目(Mixodontia)、北柱兽目(Arctostylopida)和全齿目的牧兽科(Pastoralodontidae)在浓山阶中首现(王元青等, 2006).

浓山阶中特有的哺乳动物属包括: 亚洲柱兽属(*Asiostylops*)、中华柱兽属(*Sinostylops*)、异柱兽属(*Allostylops*)、曙猈属(*Eosigale*)、棋盘兽属(*Qipania*)、跳猬属(*Haltictops*)、异猬属(*Allictops*)、敏兽属(*Mina*)、晓鼠属(*Heomys*)、中间兽属(*Interogale*)、简齿兽属(*Simplodon*)、高脊兽属(*Altilambda*)、皖掠兽属(*Wanolestes*)、蕾贫齿兽属(*Ernanodon*)、石猴属(*Petrolemur*)、明镇兽属(*Minchenella*)、粤脊兽属(*Yuelophus*)、雷丁斯基兽属(*Radinskya*)、假异褶兽属(*Pseudanisonchus*)、江西中兽属(*Jiangxia*)、赣脊兽属(*Ganolophus*)、赣蹄兽属(*Ganungulatum*)、豫裂兽属(*Yuesthonyx*)等.

4.2.3 其他化石

(1) 轮藻. 浓山阶的轮藻化石属于长形培克轮藻-椭球形钝头轮藻(*Peckichara longa*-*Obtusochara elliptica*)组合. 组合中以*Peckichara coronata*、*P. longa*、*P. zhijiangensis*、*P. subsphaerica*、*Grovesichara changzhouensis*为代表(王振等, 1979).

(2) 介形类. 浓山阶的介形类属于*Sinocypris*-*Eucypris*组合(何俊德, 1979). 浓山组中发现的化石有: *Eucypris hukouesis*、*E. hengyangensis*、*E. repanda*、*E. stagnalis*、*E. fuscata*、*Sinocypris arca*、*S. excelsa*、*S. funingensis*、*S. subfuningensis*、*S. ovata*、*S. reticularis*、*Parailyocypris changzhouensis*、*Cyprinotus libi-*

tus、*Procyprois peculiaris*(关绍曾, 1979; 何俊德, 1979; 张小筠, 1988).

(3) 非海相腹足类. 浓山阶非海相腹足类属于*Polycirsus gracilicostata-Nanxiongospira uniptychia* 组合. 主要成员有: *Polycirsus gracilicostata*、*Renistoma regularium*、*R. anomphalum*、*Cirsomphalus laevigatus*、*Amnicola zhenjiangensis*、*Bithynia* aff. *lordostoma*、*Nanxiongospira uniptychia*、*N. nobilis*、*Opeas guangdongensis*、*Pupoides zhenjiangensis*等(余汶, 1977; 余汶等, 1990).

(4) 叶肢介. 南雄盆地浓山组中仅有勐腊近狭叶肢介(*Paraleptestheria menglaensis*)(陈丕基和沈炎彬, 1980).

(5) 孢子花粉. 被子植物花粉在南雄盆地浓山组孢粉组合中占优势, 占70.2%, 其中又以三孔沟类花粉占主要地位, 主要有: *Rhoipites*、*Rutaceoipollis*、*Boehlensipollis*、*Pentapollenites*、*Lonicerapollis*、*Myrtaceidites*、*Santalumidites*、*Zonorapollis*、*Cupuliferoipollenites*、*Rhamnacidites*、*Callistopllenites*、*Tricolporopollenites*和*Retitricolporites*; 裸子植物花粉仅占的6.87%, 类型单调, 有*Ephedripites*、*Parcisporites*、*Taxodiaceaepollenites*、*Podocarpidites*、*Sciadopityspollenites*; 蕨类孢子占总数的22.9%, 以*Pterisisporites*, *Zlivisporis*和*Lygodiumsporites*为主(李曼英, 1983).

4.3　巴彦乌兰阶

4.3.1　巴彦乌兰阶底界

巴彦乌兰期哺乳动物群在内蒙古二连盆地产于脑木根组下部, 可以分为两个层位(Meng等, 1998, 2007; 王元青等, 2010). 化石多产于下化石层. 综合各化石点的资料, 所有巴彦乌兰期的哺乳动物属种都可以在下化石层找到. 其中比较常见的属种有*Prionessus lucifer*、*Lambdopsalis bulla*、*Sphenopsalis nobilis*、*Pseudictops lophiodon*、*Eomylus borealis*、*Dissacus serratus*、*Gashatostylops macrodon*、*Palaeostylops iturus*、*Pastoralodon lacustris*、*Prodinoceras turfanensis*、*P. xinjiangensis*、*Sarcodon minor*、*Bayanulanius tenuis*、*Tribosphenomys minutus*. 这些属种理论上可以用来定义巴彦乌兰阶的底界, 但由于没有任何一个属种在同期的多数地点产出, 因此以上述某种化石来定义界线, 实际应用的意义不大.

已有的不同地区的磁性地层学研究显示, 浓山期哺乳动物产出地层均位于磁极性带C26r中(Clyde等, 2008, 2010), 而巴彦乌兰期下化石层处于磁极性带C25r中(Bowen等, 2005; 孙勃等, 2009). 因此, 在已知产浓山期和巴彦乌兰期哺乳动物的地层中间存在磁极性带C26r/C26n和C26n/C25r两个极性转换. 参照国际年表中塞兰特阶(Selandian)和坦尼特阶(Thanetian)界线位于磁极性带C26r/C26n转换界面上(Vandenberghe等, 2012), 建议以此作为巴彦乌兰阶的底界, 其界线年龄为59.2Ma(Ogg, 2012).

4.3.2　哺乳动物

与浓山阶的哺乳动物相比, 巴彦乌兰阶哺乳动物在科级分类单元的更替不是很大, 恐角目(Dinocerata)、啮形类的Alagomyidae、肉齿目(Creodonta)的鬣齿兽科(Hyaenodontidae)和全齿目的冠齿兽科(Coryphodontidae)在巴彦乌兰阶中首现(王元青等, 2006).

巴彦乌兰阶含有独特的哺乳动物群(Meng等, 1998; 2007). 在各主要巴彦乌兰阶哺乳动物化石地点比较常见且仅限于巴彦乌兰阶的属包括: 斜剪齿兽属(*Lambdopsalis*)、锯齿兽属(*Prionessus*)、楔剪齿兽属(*Sphenopsalis*)、古柱兽属(*Palaeostylops*)、皖柱兽属(*Wanostylops*)、巴彦乌兰兽属(*Bayanulanius*)、肉齿兽属(*Sarcodon*)、假古猬属(*Pseudictops*)、*Prolimnocyon*、始臼兽属(*Eomylus*)、磨楔鼠属(*Tribosphenomys*)、苏崩猴属(*Subengius*)、牧兽属(*Pastoralodon*)、原恐角兽属(*Prodinoceras*)、天山脊兽属(*Tienshanilophus*)、中国中兽属(*Sinonyx*)等.

4.3.3　其他化石

(1) 轮藻. 脑木根组下部轮藻化石丰富, 以晚古新世的小型类群占优势, 主要属种有: *Gobichara deserta*、*G. tenera*、*Nemegtichara prima*、*N. secunda*、*N. quaerta*、*Peckichara lefeldi*、*Raskyaechara erlianensis*、*R. chinensis*、*Grambastichara bailanteensis*、*G. amanwusuensis*、*G. xilinensis*、*Stephanochara gobica*、*Harrisichara jiningensis*、*Retusochara pseudogobica*、*Krassavinella daiqingshanensis*(刘俊英, 1988).

(2) 介形类. 脑木根组介形类被称为*Homoeucypris-Limnocythere-Ilyocypris-Cyprois*组合, 主要是: *Homoeucypris vulgaris*、*Limnocythere nemegtensis*、*Ilyocypris*

multinoda、*Cyprois subengensis*、*Metacypris bituberculata*、*Candona* sp.、*Cypris dccaryi*、*Eucypris* cf. *profunda*和少量*Candoniella* sp.、*Talicypridea glabella* (赵世德, 1985).

与其时代可以对比的湖南衡阳盆地栗木坪组也发现了丰富的介形类化石. 张显球和李茜(2010)将其称为*Cypris henanensis*-*Cyprois reniformis*-*Limnocythere honggangensis*组合, 共有7属15种, 以富含壳面光滑的*Cypris henanensis*及壳面无刺瘤装饰的*Limnocythere honggangensis*为主要特征.

(3) 非海相腹足类. 脑木根组的腹足类化石也未见报道, 但安徽宣城双塔寺组中部有丰富的腹足类化石. 主要属种包括: *Theodoxus xuanchengensis*、*Bithynia loxostoma*、*Pupoides* (*Ischnopupoides*) *antiquus*、*Enuroplax*? *luosigangensis*、*Prionolabium polyptychium*、*Xuanchengospira flexilabrosa*、*Archaeozonites luosigangensis*、*Anhuispira granulifera*、*Giffordius antiquus*、*Multiscapta raris*、*Ganeselloides latus*、*Undatornatus peregrinus*、*Crenatilabiellus profundus* (余汶等, 1982).

(4) 孢子花粉. 脑木根组的孢粉迄今未见正式报道. 根据哺乳动物化石的研究, 安徽宣城双塔寺组含哺乳动物化石的地层与脑木根组下部时代一致(黄学诗和郑家坚, 1997; Wang等, 1998). 双塔寺组中部发现了比较丰富的孢粉. 此组合以被子植物占优势为特征(53.2~67.2%), 其中以三孔沟类花粉为主, 主要有忍冬粉属(*Lonicerapollis*)、五边粉属(*Pentapollenites*)、漆树粉属(*Rhoipites*)、芸香粉属(*Rutaceoipollis*)、檀香粉属(*Santalumidites*)、无患子粉属(*Sapindaceidites*)、异极粉属(*Boehlensipollis*)、合沟孔粉属(*Syncolporites*)、拟山矾粉属(*Symlocoipollenites*)、栗粉属(*Cupuliferoipollenites*) 和山毛榉粉属(*Faguspollenites*)等. 三沟类花粉中以栎粉属(*Quercoidites*)为主, 还有木岑粉属(*Fraxinoipollenites*)、冬青粉属(*Ilexpollenites*)、柳粉属(*Salixipollenites*)、唇形三沟粉属(*Labitricolpites*)和扁三沟粉属(*Tricolpites*)等. 裸子植物花粉在组合中占18.8~32.3%, 以具气囊松柏类花粉为主, 主要有双束松粉属(*Pinuspollenites*)、单束松粉属(*Abietineaepollenites*)、雪松粉属(*Cedripites*)、罗汉松粉属(*Podocarpidites*)、油杉粉属(*Keteleeriaepollenites*)、雏囊粉属(*Parcisporites*)等. 蕨类植物孢子占11.5~16.4%, 以凤尾蕨孢属(*Pterisisporites*)为主, 还有具环水龙骨孢属(*Polypodiaceoisporites*)、瘤纹四孢属(*Verrutetraspora*)、三角孢属(*Deltoidospora*)、海金沙孢属(*Lygodiumsporites*)、希指蕨孢属(*Schizaeoisporites*)、具唇孢属(*Toroiporis*)、瘤面海金沙孢属(*Lygodioisporites*)、大网孢属(*Zlivisporis*)和冠脊孢属(*Corrugatisporites*)(李曼英, 2005).

其他类群的化石, 由于典型剖面和可以与典型剖面对比的剖面上没有研究报道, 暂时还无法准确对比到巴彦乌兰阶的年代地层框架中.

4.4 岭茶阶

4.4.1 岭茶阶底界

岭茶阶是始新统第一个阶, 其底界又是始新统底界. 2003年, 国际地质科学联合会批准了将埃及Luxor附近的Dababiya剖面作为古新统/始新统界线(即伊普里斯阶底界)层型, 并以碳同位素漂移作为界线的标志(Aubry等, 2007). 界线年龄为56.0Ma(Vandenberghe等, 2012).

中国已有多条陆相剖面报道了古新统/始新统界线的碳同位素负漂(Bowen等, 2002; 朱敏等, 2010; Chen等, 2014a). 这样, 在相关剖面上就可以准确标定界线的位置. 多数剖面的工作是为了研究古新世/始新世之交的极热事件(朱敏等, 2010; Chen等, 2014a, 2014b, 2016). 其成果暂时还无法运用于年代地层框架的构建中.

湖南衡阳盆地岭茶组的哺乳动物被认为是中国早始新世早期的典型代表. 研究显示, 化石层位与碳同位素负漂相关, 时代为始新世最早期(图3; Bowen等, 2002; Ting等, 2003; Wang等, 2011).

内蒙古二连盆地努和廷勃尔和剖面上, 最高的晚古新世哺乳动物层位(NM-2)与最低的早始新世哺乳动物层位(NM-3)均位于脑木根组和磁极性带C24r中, 两者之间的地层厚度只有7m. 动物群比较显示, NM-3所产的哺乳动物化石属于最早始新世(Meng等, 2007; 王元青等, 2010; Wang等, 2011). 中国科学院地质与地球物理研究所正在开展的稳定同位素研究初步显示其位于PETM之中(王旭, 口头交流), 有望在剖面上准确标定界线的位置. 岭茶组及脑木根组上部(NM-3)以及相应地层中发现的化石可以作为确定时代的依据.

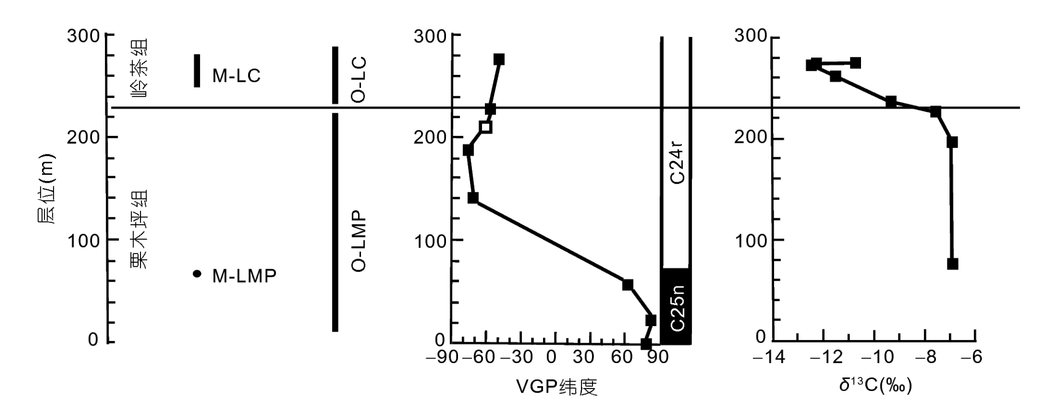


图 3 湖南衡阳盆地添枝坟-集贤湾剖面古地磁和碳同位素数据以及哺乳动物和介形类分布

M-LC, 岭茶组哺乳动物层位; M-LMP, 栗木坪组哺乳动物层位; O-LC, 岭茶组介形类组合; O-LMP, 栗木坪组介形类组合. Wang等(2011)

4.4.2 哺乳动物

可能与古新世-始新世高温事件有关, 岭茶阶发现的哺乳动物中, 古老类群所占的比例骤降. 属于现代哺乳动物类群的奇蹄目(Perissodactyla)、偶蹄目(Artiodactyla)和灵长目(Primates)在岭茶阶首现(王元青等, 2006).

各地点岭茶阶中发现的哺乳动物化石, 绝大多数为新生分子, 其中比较常见且有代表性的属种有: 湘掠兽属(*Hsiangolestes*)、河塘软食中兽(*Hapalodectes hetangensis*)、晨光兽属(*Matutinia*)、菱臼兽属(*Rhombomylus*)、*Gomphos elkema*、东方柱兽属(*Anatolostylops*)、异冠齿兽属(*Heterocoryphodon*)、亚洲冠齿兽属(*Asiocoryphodon*)、昌乐鼩属(*Changlelestes*)、钟键鼠属(*Cocomys*)、湖北陌生鼠(*Advenimus hupeiensis*)、亚洲德氏猴(*Teilhardina asiatica*)、阿喀琉斯基猴(*Archicebus achilles*)、东方脊貘(*Orientolophus*)、明镇貘属(*Minchenoletes*)、五图始祖貘(*Homogalax wutuensis*)和*Pataecops parvus*等.

4.4.3 其他化石

(1) 轮藻. 湖南衡阳盆地岭茶组和内蒙古二连盆地脑木根组上部的轮藻化石未见报道. 根据哺乳动物及介形类生物地层对比的结果, 广东三水盆地的华涌组在时代上属于岭茶期, 可以与岭茶组和脑木根组上部对比(Wang等, 2011). 其中所产的轮藻化石被归入*Hornichara huachongensis-Amblyochara taixianensis*组合. 主要化石有*Hornichara huachongensis*、*H. jintanensis*、*Amblyochara taixianensis*, 还有少量*Charites nanhaiensis*、*Croftiella shangbaiensis*、*Raskyacehara xinghuensis*等(黄仁金和张捷芳, 1984). 李官桥盆地同时代地层玉皇顶组所产的轮藻化石中, 以*Amblyochara*、*Grovesichara*、*Obtusochara*为主要类群, 包括: *Amblyochara taixianensis*、*Grovesichara changzhouensis*、*Obtusochara subcylindrica*、*O. jianglingensis*、*Gyrogona qianjiangica*、*Charites columinaria*、*Stephanochara* cf. *compta*、*Sphaerochara rugulosa*(戈春培, 1994).

(2) 介形类. 张显球和李茜(2010)将岭茶组的介形类归入*Limnocythere irregularis-Cypris favosa-Ilyocypris gaoyouensis*组合. 主要种属包括: *Cypris favosa*、*C. echinata*、*Heterocypris dongyuemiaoensis*、*Candona xiaotangensis*、*Candoniella peculiaris*、*C. minima*、*C. longa*、*Ilyocypris hengyangensis*、*I. cornae*、*I. gaoyouensis*、*I. jintanensis*、*Cyprois circularis*、*Limnocythere irregularis* 和 *L. spinisalata*. 以大量出现壳面瘤刺发育的*Limnocythere spinisalata*和 *L. irregularis*为组合特征.

(3) 非海相腹足类. 湖南衡阳盆地岭茶组和内蒙古二连盆地脑木根组上部的腹足类化石未见报道. 三水盆地华涌组的腹足类化石较少, 保存比较破碎. 主要有: *Amnicola*? sp.. *Physa* sp.、*Gyraulus* sp.、*Australorbis* sp.、*Pupoides* sp.、*Discostrobilops*? sp.、*Nanhaispira eversilabia*、*Palaeoxestina*? sp.(余汶和张显球, 1982).

(4) 孢子花粉. 湖南衡阳盆地岭茶组和内蒙古二连盆地脑木根组上部的孢粉化石未见报道. 基于生物地

层对比, 苏北盆地的戴南组可以与岭茶组对比(张一勇等, 2000; 张显球和李茜, 2010). 戴南组所产孢粉属于*Ulmipollenites-Inaperturopollenites-Pterisisporites*组合, 分布于戴南组一段和二段的Ⅰ亚段. 其特点是: 蕨类植物孢子含量很低, 约占11.25%, 以*Pterisporites*、*Lygodiumsporites*为主, *Polypadiaceoisporites*也比较常见; 裸子植物花粉中无囊类以*Inaperturopollenites*及*Taxodiaceaepollenites*为主, 具囊类花粉以*Abietineaepollenites*、*Pinuspollenites*、*Podocarpulites*和*Parcisporites*为主; 被子植物花粉在组合中占优势, 尤以个体较小的具孔(主要为三孔)花粉丰富, 主要有*Ulmoideipites tricosiatus*、*Ulmipollenites minor*、*Ulrnideipites krempii*、*Momipites*、*Ostryoipollenites*、*Betulaepollenites plicoules*、*Alnipollenites*、*Paraalnipollenites*和*Engelhardtioulites*等, *Quercoidites*也有一定含量(张一勇和钱泽书, 1992).

其他类群的化石, 由于典型剖面的岭茶阶和可以与典型剖面对比的岭茶阶没有研究报道, 暂时还无法准确对比到岭茶阶的年代地层框架中.

4.5 阿山头阶

4.5.1 阿山头阶底界

阿山头期的哺乳动物与更早的岭茶期存在显著的差异, 哺乳动物化石易于与其下的岭茶期化石相区别, 因此在用于确定产化石地层的时代时, 相当可靠. 但是, 用化石去准确标定其底界却存在很大的难度. 原因就在于, 目前还没有很好的可以涵盖这个界线又有丰富化石、沉积连续的剖面. 内蒙古二连盆地东部呼和勃尔和地区阿山头组中的哺乳动物化石可以大致分出6个化石层位(Meng等, 2007), 其中最底部层位中发现的一些化石可以用来定义阿山头阶的底界, 如*Gobiatherium mirificum*、*Schlosseria magister*、*Litolophus gobiensis*、*Dawsonolagus antiquus*、*Eudinoceras mongoliensis*、*Erlianomys combinatus*、*Archetypomys erlianensis*等(王元青等, 2010).

在努和廷勃尔和剖面上, 阿山头组与下伏的脑木根组是假整合接触(Meng等, 2007). 古地磁研究显示, 脑木根组上部和阿山头组底部均落入反极性带中. 最初将两个反极性带都解释为C24r(孙勃等, 2009). 阿山头组底界相应地被置于C24r近顶部(王元青等, 2010). Jiang等(2014)发表了鄂豫交界李官桥盆地习家店剖面的古地磁研究结果. 剖面经过了玉皇顶组中部的一个化石点, 产出的化石与玉皇顶组其他地点的化石是蒙古崩班期(Bumbanian, 相当于岭茶期)晚期的代表(Ting, 1998). 该化石层位落入磁极性带C24n中(Jiang等, 2014). 因此, 阿山头组的底界不可能处于磁极性带C24r中, 更可能位于C23r中. 对比国际地质年表, 阿山头阶的底界年龄推测约为52Ma.

4.5.2 哺乳动物

阿山头期哺乳动物中, 古老类群所占比例进一步减少, 混齿目和北柱兽目已经消失, 大型植食性古老有蹄类动物(如冠齿兽科和恐角兽目)仍占有一定的比例. 现生类群中, 奇蹄目产生了很大的分异, 在动物群中占据优势地位, 新出现的科中大多数都属于奇蹄目. 其中脊齿貘科(Lophialetidae)和戴氏貘科(Deperetellidae)非常繁盛(王元青等, 2006), 巨犀科的原始类型开始出现(Wang H B等, 2016).

综合各阿山头期动物群的资料, 已经报道的阿山头期哺乳动物包括: *Mesonyx obtusidens*、*M. nuhetingensis*、*M. uqbulakensis*、*Mongolonyx dolichognathus*、*Gobiatherium mirificum*、*Archaeoryctes borealis*、*Sinosinopa sinensis*、*Pantolambdodon fortis*、*P. minor*、*Breviodon minutus*、*Pappaceras confluens*、*P. meiomenus*、*Heptodon minimus*、*Homogalax reliquius*、*Hyrachyus crista*、*H. eximius*、*H. neimongoliensis*、*Schlosseria magister*、*Teleolophus medius*、*T. rectus*、*Telmatherium cristatum*、*Litolophus gobiensis*、*Archetypomys erlianensis*、*Erlianomys combinatus*、*Advenimus burkei*、*A. ulungurensis*、*Tamquammys wilsoni*、*T. robustus*、*Simplicimys bellus*、*Dawsonolagus antiquus*、*Eudinoceras mongoliensis*等. 这些化石中大多数都是在阿山头期首现. 阿山头阶中比较常见且仅限于阿山头阶的属种包括: 中兽属(*Mesonyx*)、蒙古中兽(*Mongolonyx*)、戈壁兽属(*Gobiatherium*)、施氏貘属(*Schlosseria*)、祖犀属(*Pappaceras*)、简脊爪兽属(*Litolophus*)、二连鼠属(*Erlianomys*)、乌伦古河陌生鼠(*Advenimus ulungurensis*)、道森兔属(*Dawsonolagus*)等.

4.5.3 其他化石

阿山头期其他类群的陆相化石, 在典型地区的研

究成果较少. 可能由于典型地区的相关地层划分历经多次变动反复, 地层对比也存在偏差, 关于介形类和轮藻的研究, 是将阿山头期、伊尔丁曼哈期和沙拉木伦期的化石合在一起, 分别形成介形类和轮藻组合(赵世德, 1985; 刘俊英, 1988), 暂无法作为准确地层对比的依据.

哺乳动物生物地层对比结果显示, 鄂豫交界李官桥盆地中的大仓房组和新疆准噶尔盆地依希白拉组(化石沟)可以归入阿山头阶(童永生, 1989; 童永生等, 1995). 依希白拉组的剖面描述中, 提到有轮藻化石(魏景明和童永生, 1992), 但未见到正式的报道.

大仓房组的轮藻属种单调, 全由小型种组成, 主要分子为*Gyrogona qianjiangica*、*Obtusochara jianglingensis*、*Sphaerochara rugulosa*、*Charites minutissima*, 属于*Obtusochara jianglingensis*-*Gyrogona qianjiangica*组合(戈春培, 1994), 可以暂时作为阿山头阶轮藻化石的代表.

开展过相关化石类群研究的其他盆地中, 应该存在阿山头阶, 但目前无法将其准确对比到现行的年代地层框架中. 为避免产生进一步的混淆和误解, 暂不将其列入年代地层框架中, 以待今后的工作补充完善.

4.6 伊尔丁曼哈阶

4.6.1 伊尔丁曼哈阶底界

由于伊尔丁曼哈组与阿山头组在二连盆地的划分对比长期存在问题, 造成了动物群的混淆, 对相关问题的探讨产生了很大的影响(Meng等, 2007; 王元青等, 2012). 近年来的工作在很大程度上厘清了阿山头组与伊尔丁曼哈组的层位关系. 以此为基础, 阿山头期和伊尔丁曼哈期动物群的组成也得到了重新认识(Meng等, 2007; 王元青等, 2010).

与阿山头阶等情况类似, 伊尔丁曼哈期的哺乳动物与更早的阿山头期差异明显, 可以用其比较准确地确定产化石地层的时代. 但限于地层发育情况, 目前在剖面上准确标出伊尔丁曼哈阶底界的位置仍然存在困难. 根据哺乳动物的产出情况, 一些属种的出现位置较低, 或许可以用于界定伊尔丁曼哈阶的底界, 如*Miacis lushiensis*、*Harpagolestes orientalis*、*Andrewsarchus mongoliensis*、*Chungchienia sichuanica*、*Propterodon morrisi*、*P. shipigouensis*、*Gobiohyus pressidens*、*G. robustus*、*G. orientalis*、*Forstercooperia totadentata*、*Lophialetes expeditus*、*Protitan grangeri*、*Desmatotherium mongoliense*、*Paracolodon fissus*、*Rostriamynodon grangeri*、*Asiomys dawsoni*、*Yuomys huheboerhensis*、*Orientocylindrodon liguanqiaoensis*、*Palasiomys conulus*、*Pappocricetodon antiquus*、*P. neimongolensis*、*Tamquammys fractus*、*Mimolagus aurorae*、*Strenulagus shipigouensis*、*S. solaris*、*Erenlagus anielae*、*Tarkops mckennai*等.

关于伊尔丁曼哈阶底界的磁性地层学研究不多. 孙勃等(2009)报道了二连盆地呼和勃尔和剖面的磁性地层学研究, 将阿山头组顶部和伊尔丁曼哈组底部的反极性带解释为C21r. 由于前面提到的原因(见阿山头阶), 该对比存在一定的偏差. 其实际磁极性带应该不低于C20r. 伊尔丁曼哈期一直与北美的尤因他期(Uintan)对比. 参考二连盆地其他剖面尚未发表的古地磁研究初步结果, 将这一界线对比到磁极性带C20r是比较合适的解释. 依据界线在磁极性带中的位置, 推测其年龄可能接近45Ma. 最近, 有研究者根据钻井剖面所做的古地磁研究结果, 认为伊尔丁曼哈组的年龄在51~34Ma(陶继雄等, 2017), 包括了早始新世晚期至晚始新世的全部地层. 这一结果与生物地层学和在其他地表剖面所做的磁性地层学研究结果有较大的出入.

4.6.2 哺乳动物

伊尔丁曼哈期哺乳动物中古老类群进一步减少, 踝节目(Condylarthra)自这一时期开始从中国的哺乳动物群中消失. 奇蹄目中的戴氏貘科和脊齿貘科仍然很繁盛, 雷兽科(Brontotheriidae)、两栖犀科(Amynodontidae)和跑犀科(Hyracodontidae)开始迅速辐射. 啮齿目出现了较大的分异, 其中的仓鼠科(Cricetidae)和林跳鼠科(Zapodidae)开始出现. 偶蹄目的沼猪科(Helohyidae)开始出现(王元青等, 2006).

伊尔丁曼哈阶哺乳动物化石丰富, 已经报道的哺乳动物种类也很多. 这些化石中, 仅限于伊尔丁曼哈阶的常见或比较重要的属种有: 卢氏细齿兽(*Miacis lushiensis*)、强中兽属(*Harpagolestes*)、蒙古安氏中兽(*Andrewsarchus mongoliensis*)、钟键兽属(*Chungchienia*)、原翼齿兽属(*Propterodon*)、戈壁猪齿兽属(*Gobiohyus*)、柯氏犀属(*Forstercooperia*)、脊齿貘属(*Lophialetes*)、戴氏貘属(*Deperetella*)、原雷兽属(*Protitan*)、*Desmatotherium mongoliense*、*Paracolodon*

fissus、亚洲鼠属(*Asiomys*)、呼和勃尔和豫鼠(*Yuomys huheboerhensis*)、内蒙古祖仓鼠(*Pappocricetodon neimongolensis*)、*Tamquammys fractus*、*Mimolagus aurorae*、壮兔属(*Strenulagus*)、卢氏兔属(*Lushilagus*)、二连兔属(*Erenlagus*)、中华曙猿(*Eosimias sinensis*)和麦克纳似塔氏猴(*Tarkops mckennai*)等.

4.6.3 其他化石

伊尔丁曼哈期其他类群的陆相化石, 在典型地区的研究成果较少. 有限的研究中也是将阿山头期、伊尔丁曼哈期和沙拉木伦期的同类化石合在一起, 形成各自统一的组合(赵世德, 1985; 刘俊英, 1988). 哺乳动物生物地层对比结果显示, 鄂豫交界李官桥盆地中的核桃园组可以归入伊尔丁曼哈阶(童永生, 1989; 童永生等, 1995). 核桃园组有轮藻和介形类化石的报道, 可以用来作为伊尔丁曼哈阶轮藻和介形类的代表.

(1) 轮藻. 核桃园组所产的轮藻化石中, 以*Amblyochara*、*Grovesichara*、*Obtusochara*为主要类群, 包括: *Amblyochara taixianensis*、*Grovesichara changzhouensis*、*Obtusochara subcylindrica*、*O. jianglingensis*、*Gyrogona qianjiangica*、*Charites columinaria*、*Stephanochara* cf. *compta*、*Sphaerochara rugulosa*(戈春培, 1994).

(2) 介形类. 核桃园组所产的轮藻化石主要有: *Candona abrupta*、*C. reticulata*、*Candoniella* sp.、*Cypris* sp.、*Pseudoeucypris* sp.、*Darwinula* sp.、*Eucypris* sp.、*Cyprinotus?* sp.(关绍曾, 1984).

腹足类口盖*Mirolaminatus validus*也存在于核桃园组(关绍曾, 1984).

4.7 沙拉木伦阶

4.7.1 沙拉木伦阶底界

沙拉木伦期哺乳动物群在科级单元的组成上与伊尔丁曼哈期有明显差别(王元青等, 2006). 一些出现层位低的属种可以用来界定沙拉木伦阶的底界, 如*Gobiolagus tolmachovi*、*G. aliwusuensis*、*G. lii*、*Archaeomeryx optatus*、*Prohyracodon meridionale*、*Propterodon tongi*等. 在二连盆地古地磁研究的初步结果显示, 沙拉木伦阶的底界位于磁极性带C19r下部, 估计年龄为42Ma.

4.7.2 哺乳动物

沙拉木伦期哺乳动物中, 古老的恐角兽目已经绝迹. 偶蹄类中的石炭兽科(Anthracotheriidae)有比较大的分化辐射, 反刍类(Ruminantia)出现并开始分化, 同时还出现了最早的猪科(Suidae)代表(Liu, 2001). 奇蹄目仍然占优势, 两栖犀科成为种属数量最多的奇蹄类, 但戴氏貘科和脊齿貘科开始衰退. 始鼠科(Eomyidae)出现, 似鼠科(Tamquammyidae)衰退(王元青等, 2006).

已经报道的沙拉木伦期的哺乳动物种类丰富, 有一些是各地点比较常见并且仅限于沙拉木伦阶的属种, 主要有: 翼齿兽属(*Pterodon*)、双连别蹶鼠(*Allosminthus diconjugatus*)、单连别蹶鼠(*A. uniconjugatus*)、任村祖仓鼠(*Pappocricetodon rencunensis*)、绍氏祖仓鼠(*P. schaubi*)、渑池原塔塔鼠(*Protataromys mianchiensis*)、垣曲原塔塔鼠(*P. yuanquensis*)、中条罕仓鼠(*Raricricetodon zhongtiaensis*)、豚豫鼠(*Yuomys cavioides*)、黄河猴属(*Hoanghonius*)、世纪曙猿(*Eosimias centennicus*)、任村猴属(*Rencunius*)、托氏戈壁兔(*Gobiolagus tolmachovi*)、阿力乌苏戈壁兔(*G. aliwusuensis*)、李氏戈壁兔(*G. lii*)、中华先炭兽(*Anthracokeryx sinensis*)、古鼷鹿属(*Archaeomeryx*)、小刺戴氏貘(*Deperetella cristata*)、新脊犀属(*Caenolophus*)、原蹄犀属(*Prohyracodon*)、西安犀属(*Sianodon*)、沙拉两栖犀属(*Sharamynodon*)、华南两栖犀属(*Huananodon*)、沙拉木伦始巨犀(*Juxia sharamurunensis*)、始爪兽属(*Eomoropus*)、鼻雷兽属(*Rhinotitan*)等.

4.7.3 其他化石

沙拉木伦阶典型地点其他相关化石等研究极少, 且由于地层认识上等原因, 介形类和轮藻都没有单独建立化石组合(赵世德, 1985; 刘俊英, 1988). 根据生物地层对比, 广西百色盆地那读组可以归属沙拉木伦阶. 现将那读组相关类群的研究成果归纳如下, 以作为沙拉木伦阶的代表.

(1) 轮藻. 那读组下部发现的轮藻化石被归入*Obtusochara elliptica-Rhabdochara isgyonensis*组合. 以个体较小、形体柱状的*Obtusochara*和大个体、外壁发育表面装饰的*Rhabdochara*、*Stephanochara*等为主体, 主要属种有: *Obtusochara elliptica*、*Rhabdochara kisgyonensis*、*R. copica*、*R. colida*、*Stephanochara ken-*

liensis、*Gyrogona qianjiangica*和*Rhabdochara stockmansis*(刘俊英和袁鹤然, 2002).

(2) 介形类. 刘俊英和袁鹤然(2002)在报道那读组轮藻时, 提到那读组上部含有*Cyprinotus guangxiensis*、*Chinocythere obliqua*、*C. boseensis*、*Candona boseensis*等介形类动物.

(3) 非海相腹足类. 那读组的腹足类属于*Kwangsispira accelerata-Sinoplanorbis sinensis*组合, 是淡水前鳃类和水栖肺螺类混生的化石组合, 常见的化石有*Kwangsispira accelerata*、*K. grabaui*、*Paracampeloma ovata*、*P. paucilineata*、*Tulotomoides kwangsiensis*、*Sinoplanorbis sinensis*和*Hippeutis luminosa*等(余汶, 1977). 胡炎坤(1991)将那读组腹足类(经余汶和梁宗华鉴定)分为两个组合: ① *Crassitaia guangxiensis-Tulotomoides nodosocarinata*组合, 产于那读组底部, 主要有: *Taia*? *boseensis*、*Crassitaia guangxiensis*、*Tulotomoides nodosocarinata*、*Pachydrobia guangxiensis*、*Semisulcospira napoensis*、"*Melanin*" *turrita*等. ② *Kwangsispira accelerata-Sinoplanorbis sinensis* 组合, 产于那读组上部, 主要有: *Kwangsispira accelerata*、*Paracampeloma paucilineata*、*Pachydrobia guangxiensis*、*Tulotomoides kwangsiensis*、*Sinoplonorbis sinensis*、*Hippeutis luminosa*、*Napospira spinula*、*Margarya guangxiensis*、*Semisulcospira napoensis*、*Gangetia rissoides*、"*Ngetia*" *scala*、*Stenothyra ovata*等. 余汶(1977)的腹足类组合相当于胡炎坤(1991)的第2个组合.

(4) 双壳类. 那读组的双壳类经黄宝玉和宁宗善鉴定, 也被分为2个组合(胡炎坤, 1991). ① *Napoconcha suborbicularis* 组合, 产于那读组下部, 主要有*Napoconcha elliptica*、*N. suborbicularis*、*N. inflata*、*Margaritifera emarginata*、*Unio crassus*、*Acuticosta subimmutata*、*Betekeia* cf. *perdeclivis*等. ② *Cuneopsis heudei* 组合, 产于那读组中部, 主要有*Cuneopsis*、*Acristaria*、*Acuticosta*和*Rectidens rumatraensis*等.

(5) 孢子花粉. 那读组孢粉有相对较多的研究, 吴玉书(1981)简单报道了那读组的孢粉组合. 后来, 杨荣玉(1994)、Liu和Yang(1999)以及童国榜等(2001)又分别研究了那读组的孢粉, 均将其分为4个孢粉组合或孢粉带, 结果基本一致. Liu和Yang(1999)划分的孢粉组合自下而上依次为: ① Polypodiaceae-*Pinuspollenites*组合: 产于那读组下段, 以Polypodiaceae孢子为优势, 占比27~91%(平均35%), 数量最多的是*Polypodiisporites*、*Polypodiaceaesporites*和*Extrapunctatosporis*. *Crassoretitriletes*也很常见; 被子植物花粉平均占比40%, *Quercoidites microhenrici*数量最多, *Quercoidites minutus*、*Ulmipollenites*和*Ulmoideipites*是常见种类; 裸子植物花粉除*Pinuspollenites*外均不常见. ② *Quercoidites-Ulmipollenites*组合: 产于中段下部, 被子植物花粉极为丰富, 占比89~99%. 其中, *Quercoidites*和*Ulmipollenites*尤为丰富. *Liquidambarpollenites*、*Caryapollenites*、*Juglanspollenites*、*Momipites*、*Persicarioipollis*、*Retimultiporopollenites* 和 *Randiapollis*也很常见. 裸子植物花粉中, *Pinuspollenites*和*Taxodiaceaepollenites*较为常见. 蕨类孢子数量锐减, 仅有少量*Polypodiaceaesporites*、*Polypodiaceoisporites*和*Polypodiisporites*. ③ *Alnipollenites-Tricolporopollenites*组合: 产于中段上部, 虽然被子植物花粉仍然占有优势80~96%, 但一些重要类群的丰度发生了明显的变化. *Quercoidites*仍然丰富, 但*Ulmipollenites*已不再是优势分子. *Alnipollenites*成为优势分子. *Florschuetzia trilobata*、*Verrutricolporites pachydermus*和*Tricolporopollenites bosepachydermus*比较普遍, *Caryapollenites*、*Engelhardtioidites*、*Juglanspollenites*、*Cupuliferoipollenites*、*Rhoipites*、*Tricolporopollenites*、*Tricolpites*、?*Pentapollenites*、*Gothanipollis*、*Rutaceoipollis*和*Ilexpollenites*也比较常见; 裸子植物花粉与前一组合类似, 孢子数量略有增加. ④ *Pinuspollenites-Quercoidites*组合: 产于那读组上部, 被子植物花粉仍然占优, *Quercoidites* 保持高占比, 但 *Alnipollenites*在大多数样品中都很少, *Cupuliferoidaepollenites*和*Tricolpites*增加, *Florschuetzia trilobata*、*Verrutricolporites pachydermus*和*Tricolporopollenites bosepachydermus*几近消失; 裸子植物花粉, 尤其是具气囊的花粉, 明显增加, 主要有*Pinuspollenites*、*Abietineaepollenites*、*Keteleeria*和*Cedripites*.

(6) 沟鞭藻类. 那读组的沟鞭藻类被划分为4个组合, 自下而上为: ① *Bosea-Leiosphaeridia-Granodiscus*组合以*Bosea granulata*(38.2%)、*Leiosphaeridia* sp. (29.4%)、*Granodiscus granulatus*(23.5%)为主; 还有*Bosea laevigata*(2.9%)、*Leiosphaeridia hyalina*(3.9%), 偶见*Bosea granorugosa*、*B. scabrata*、*Dictyotidium*

vesiculum、*Velrucosplzaera tuberculata*等. ② *Rugosphaera-Granodiscus*组合以*Rugosphaela*占绝对优势(77.7%), 其中*Rugosphaera corrugis*(34.9%), *R. micirugis*(42.8%), *Granodiscus granulatus*占有一定比例(13.8%)为特征. *Bosea*的分子已大大减少(5.3%), 偶见*Leiosphaeridia* sp.、*Verrucosphaera verrucosa*. ③ *Granodiscus-Leiosphaeridia-Bosea*组合以*Granodiscus*(4~78.0%)、*Leiosphaeridia*(0~64.0%)占优势, *Bosea*也有一定比例(0~20.0%). 主要分子有: *Leiosphaeridia taxodiforma*(0~33.0%)、*Granodiscus granulatus*(4~66.0%)、*G. caperatus*(0~26.0%)、*G. staplinii*(0~8.0%)、*Bosea granulata*(0~20.0%). ④ *Pediastrum-Leiosphaeridia-Granodiscus*组合以*Pediastrum*(3~40.6%)的大量连续出现为特征; *Leiosphaeridia*(1~43.7%)、*Granodiscus*(1~44.0%)仍占重要位置, 主要分子有: *Pediastrum boryanum*(3~24.8%)、*P. simplex* var. *deltoidea*(0~3.3%)、*P. duplex*(0~12.8%)、*Leiosphaeridia hyalina*(0~15.5%)、*L.* sp.(0~28.2%)、*Granodiscus granulatus*(0~32.0%)(何承全和钱泽书, 1979).

4.8 乌兰戈楚阶

4.8.1 乌兰戈楚阶底界

乌兰戈楚期动物群与其下的沙拉木伦期及其上的白音期既有联系, 又有区别. 在典型地点, 乌兰戈楚组与下伏的沙拉木伦组整合接触, 乌兰戈楚组厚度仅有18.3m(王元青等, 2012). 二连盆地乌兰戈楚组中所含的化石有可能可以用来界定乌兰戈楚期底界. 这些化石包括: *Anagale gobiensis*、*Mongolestes hadrodens*、*Ardynomys olsoni*、*Gobiomys neimongolensis*、*Gobiolagus andrewsi*、*Desmatolagus vetustus*、*Teleolophus magnus*、*Juxia shoui*、*Nasamplus progressus*、*Titanodectes ingens*、*Embolotherium grangeri*、*Hulgana ertinia*.

二连盆地西部磁性地层学研究的初步结果显示, 乌兰戈楚阶底界可对比到磁极性带C18n.2n中, 估计年龄约为39.9Ma.

4.8.2 哺乳动物

由于在二连盆地中, 乌兰戈楚组的对比一直存在问题, 造成了过去关于乌兰戈楚期的哺乳动物群组成上的混乱. 为了厘清动物群的组成, 关于二连盆地中乌兰戈楚期的化石, 仅限于命名地点及目前能够准确对比的乌兰戈楚组地层中发现的化石. 其他地区乌兰戈楚期的化石, 则依照生物地层对比的结果确定.

已经发表的乌兰戈楚期哺乳动物, 仅限于乌兰戈楚阶的主要属种有: 狉兽属(*Anagale*)、蒙古掠中兽属(*Mongolestes*)、广西狐猴属(*Guangxilemur*)、澄碧东方石炭兽(*Heothema chengbiensis*)、高冠华南两栖犀(*Huananodon hypsodonta*)、内蒙古短面猯(*Brachyhyops neimongolensis*)、单尖旅猪(*Odoichoerus uniconus*)、奥氏阿尔丁鼠(*Ardynomys olsoni*)、内蒙古戈壁鼠(*Gobiomys neimongolensis*)、安氏戈壁兔(*Gobiolagus andrewsi*)、年迈链兔(*Desmatolagus vetustus*)、巨全脊貘(*Teleolophus magnus*)、寿氏始巨犀(*Juxia shoui*)、*Titanodectes ingens*、谷氏锤鼻雷兽(*Embolotherium grangeri*)、始似古鼠(*Hulgana ertinia*)等. 需要另行说明的是, Bohlin(1951)描述了产于甘肃酒西盆地骟马城的两种哺乳动物, *Mimolagus rodens*和甘肃狉形兽(*Anagalopsis kansuensis*). 长期以来对它的时代和层位都没有定论. 其产出地层分别被认为是火烧沟组(梁世君等, 1992)或其上覆的白杨河组下部(翟毓沛和蔡体梁, 1984). 其时代则有古近纪(早第三纪)、早渐新世或晚始新世等多种说法(见Zhang和Wang, 2016). 在实地考察对比之后, Zhang和Wang(2016)确认化石产出层位为火烧沟组下部(骟马城段), 位于该组底界之上大约40m. 通过对比有关的古地磁结果(戴霜等, 2005), 化石产出层位落入磁极性带C18n中(大约39~40Ma)(Zhang和Wang, 2016). 这样, 化石层位就可以对比到乌兰戈楚阶.

4.8.3 其他化石

乌兰戈楚阶典型地点的其他化石未见相关报道. 哺乳动物地层对比, 认为云南曲靖蔡家冲组发现的哺乳动物化石属于乌兰戈楚期(王伴月, 1997a). 然而, 很长时间以来, 中国的乌兰戈楚期实际上相当于国际上普遍采用的亚洲哺乳动物分期中的乌兰戈楚期和额吉尔期(童永生等, 1995; 王元青等, 2006; Vandenberghe等, 2012). 鉴于这种做法不利于国际学术交流, 我们在初步工作的基础上, 提出将中国的乌兰戈楚期含义与亚洲古近纪哺乳动物分期中的乌兰戈楚期统一, 将相当于额吉尔期的部分划出作为白音期. 这样, 蔡家冲组的哺乳动物可能会有部分属于白音期.

王伴月和张玉萍(1983)在报道曲靖蔡家冲组剖面时, 列出了由刘俊英和李云通分别鉴定的中部和上部化石层中发现的轮藻和腹足类化石. 两层中的腹足类化石完全相同, 有3种: *Bithynia*(*Pseudommericia*)? *largicirca*, *B.* (*P.*)? *parvobliqus*和*Assiminca pressoopercula*. 轮藻化石在两个层位中略有差别, 中层更为丰富, 属种更多, 上层中有少量在中层未见的属种. 轮藻化石后来由刘俊英(1989)正式发表, 但未区分层位, 其中*Maedlerisphaera qujingensis*近45%, 其他主要成员包括: *Rhabdochara copica*、*R. stockmansi*、*R. raibocarpa*、*Amblyochara regularis*、*A. subeiensis*、*Sphaerochara rugulosa* f. *elliptica*、*Harrisichara yunlongensis*、*H. vasiformis*.

4.9　白音阶

4.9.1　白音阶底界

白音期的哺乳动物化石地点不多, 除二连盆地的典型地点外, 云南曲靖蔡家冲是一个比较好的地点, 但该地点需要进一步的工作以细分乌兰戈楚期和白音期的哺乳动物种类. 目前, 一些从下脑岗代组底部发现的哺乳动物化石, 可以用来限定白音阶的底界, 如*Entelodon gobiensis*、*Schizotherium avitum*、*Embolotherium andrewsi*、*Zaisanamynodon borisovi*、*Gigantamynodon giganteus*、*Urtinotherium intermedium*、*Parabrontops gobiensis*、*Ardynia praecox*、*Proeggysodon qiui*等.

根据二连盆地磁性地层学研究的初步结果, 可以将白音阶的底界对比到C17n.1n近顶部, 推测年龄值为大约37.2Ma.

4.9.2　哺乳动物

目前, 白音阶中已经报道哺乳类化石, 已知仅限于白音阶的属种有: 周氏沟齿兽(*Bothriodon chowi*)、安氏锤鼻雷兽(*Embolotherium andrewsi*)、包氏斋桑两栖犀(*Zaisanamynodon borisovi*)、巨型巨两栖犀(*Gigantamynodon giganteus*)、中间额尔登巨犀(*Urtinotherium intermedium*)、戈壁副雷兽(*Parabrontops gobiensis*)、*Ardynia praecox*、原紧齿犀属(*Proeggysodon*)、广南犀属(*Guangnanodon*)、原始晓蹶鼠(*Heosminthus primiveris*)、脑木更晓蹶鼠(*H. nomogenesis*), *Sinosminthus inapertus*、蕾别蹶鼠(*Allosminthus ernos*)、大别蹶鼠(*A. majusculus*).

4.9.3　其他化石

白音阶典型地点仅有轮藻的相关研究发表, 但化石数量不多, 产于下脑岗代组, 有*Maedlerisphaera shalamulunensis*、*Sphaerochara parvula*、*S. minor*、*Krassavinella lagenalis*、*Gyrogona qianjiangica*(刘俊英, 1988).

在乌兰戈楚阶中提到的云南曲靖蔡家冲组中的轮藻和腹足类也至少有一部分属于白音阶, 但需要进一步的研究细分.

4.10　乌兰塔塔尔阶

4.10.1　乌兰塔塔尔阶底界

乌兰塔塔尔阶的底界又是渐新统的底界. 根据国际地层委员会公布的国际地层表, 这一界线位于C13r的近顶部, 年龄值为33.9Ma.

根据目前掌握的资料, 从生物地层的角度来说, 这一界线在二连盆地中应该为下脑岗代组上部的红色泥质粉砂岩或粉砂质泥岩中. 动物群在这个界线上下也有明显的变化(Li Q等, 2016, 2017). 古地磁研究的初步结果也支持这一结论.

正在内蒙古阿拉善左旗乌兰塔塔尔(Zhang等, 2016)和杭锦旗巴拉贡开展的工作显示, 两个地点也很可能存在始新统/渐新统界线. 虽然原先认为时代属于早渐新世的蔡家冲动物群被确认为是晚始新世, 但最近的发现表明, 在云南曲靖含原蔡家冲动物群的地层之上, 还存在早渐新世的层位(Maridet和Ni, 2013; Li L Z等, 2017), 也同样值得关注.

已经报道的乌兰塔塔尔期的哺乳动物化石属种很多, 其中不乏仅限于乌兰塔塔尔期的属种, 一些出现在剖面上较低层位的乌兰塔塔尔期化石, 可以用来限定底界. 这些化石包括: *Eumeryx culminus*、*Praetragulus gobiae*、*Desmatolagus pusillus*、*D. youngi*、*Didymoconus colgatei*、*Hyaenodon neimongoliensis*、*Palaeoscaptor acridens*、*Selenomys mimicus*、*Eucricetodon asiaticus*、*E. meridionalis*、*Bagacricetodon tongi*、*Anomoemys lohiculus*、*Coelodontomys asiaticus*、*Cyclomylus lohensis*、*Tsaganomys altaicus*、*Ageitonomys neimongolensis*、*Karakoromys decessus*、*Paracricetops virgatoincisus*、*Cricetops dormitor*、*Bohlinosminthus*

parvulus.

4.10.2 哺乳动物

目前, 乌兰塔塔尔阶中发现的哺乳动物化石属种很多, 其中仅限于乌兰塔塔尔阶的属种有: 原鹿(*Eumeryx culminus*)、*Praetragulus gobiae*、微型链兔(*Desmatolagus pusillus*)、杨氏链兔(*D. youngi*)、德氏鄂尔多斯兔(*Ordolagus teilhardi*)、内蒙古鬣齿兽(*Hyaenodon neimongoliensis*)、小峰古鼩鼹(*Palaeoscaptor acridens*)、东方始鼠(*Eomys orientalis*)、*Selenomys*、亚洲真古仓鼠(*Eucricetodon asiaticus*)、南方真古仓鼠(*E. meridionalis*)、童氏小古仓鼠(*Bagacricetodon tongi*)、王氏近古仓鼠(*Plesiodipus wangae*)、*Witenia yolua*、*Pseudocricetops matthewi*、洛异鼠(*Anomoemys lohiculus*)、黄河简齿鼠(*Litodonomys huangheensis*)、小宽齿鼠(*Euryodontomys exiguus*)、亚洲腔齿鼠(*Coelodontomys asiaticus*)、洛圆柱鼠(*Cyclomylus lohensis*)、阿尔泰查干鼠(*Tsaganomys altaicus*)、内蒙孤鼠(*Ageitonomys neimongolensis*)、西格玛塔塔鼠(*Tataromys sigmodon*)、退隐卡拉鼠(*Karakoromys decessus*)、*Paracricetops virgatoincisus*、*Cricetops dormitor*、*Propalaeocastor irtyshensis*、小布林蹶鼠(*Bohlinosminthus parvulus*)、*Yunnanadapis folivorus*、*Y. imperator*、*Laomaki yunnanensis*、*Gatanthropus micros*、*Bahinia banyueae*、*Oligotarsius rarus*.

由于乌兰塔塔尔阶典型地点及有关可以准确对比的地层中, 没有其他化石的报道, 相关内容有待今后补充.

4.11 塔奔布鲁克阶

4.11.1 塔奔布鲁克阶底界

塔奔布鲁克期是依据塔奔布鲁克(又称党河)地区的燕丹图动物群(也有人称塔奔布鲁克动物群)建立的(Li和Ting, 1983; Wang等, 2008). 已知的化石中, *Sinolagomys major*、*S. kansuensis*、*Yindirtemys grangeri*、*Y. ambiguus*、*Y. suni*、*Plesiosminthus asiaecentralis*、*P. tangingoli*、*P. parvulus*、*Tataromys parvus*、*T. plicidens*、*Distylomys qianlishanensis*、*Tachyoryctoides kokonorensis*、*T. obrutschewi*因分布比较广泛, 可以用来界定塔奔布鲁克阶的底界.

塔奔布鲁克期所依据的燕丹图动物群的产出地层长期存在分歧, 曾被认为是白杨河组、火烧沟组, 并且有反复(见王伴月等, 2003). 目前已经查明, 该动物群产出地层与真正的火烧沟组或白杨河组无关, 被命名为狍牛泉组. 化石产在狍牛泉组上部(王伴月等, 2003). 虽然该地区发现了早渐新世的哺乳动物化石, 但两个化石层并不在同一个剖面上(王伴月等, 2003), 因此不好界定塔奔布鲁克阶的底界. 兰州盆地咸水河组下部发现了早渐新世南坡坪动物群和晚渐新世的峡沟动物群(邱占祥等, 1997), 但相关的古地磁研究并没有给出动物群的准确年代(岳乐平等, 2000). 正在内蒙古阿拉善左旗乌兰塔塔尔(Zhang等, 2016)和杭锦旗巴拉贡进行的相关工作有望对这一问题提供解决方案.

参考蒙古大湖区的相关工作, 塔奔布鲁克期的哺乳动物群与更早的三达河期动物群的界线位于磁极性带C8n.2n中部, 年龄为25.5Ma(Daxner-Höck等, 2017). 这一年龄可以暂时作为中国渐新统塔奔布鲁克阶的底界年龄使用.

4.11.2 哺乳动物

已经报道的塔奔布鲁克期的哺乳动物化石中, 限于塔奔布鲁克阶的属种有: 直缘双猬(*Amphechinus rectus*)、小双猬(*A. minimus*)、大中华兔(*Sinolagomys major*)、甘肃中华兔(*S. kansuensis*)、秀丽中华兔(*S. gracilis*)、*Sayimys obliquidens*、谷氏阴河鼠(*Yindirtemys grangeri*)、疑惑阴河鼠(*Y. ambiguus*)、*Y. deflexus*、中亚近蹶鼠(*Plesiosminthus asiaecentralis*)、*P. tangingoli*、小近蹶鼠(*P. parvulus*)、兰州异蹶鼠(*Heterosminthus lanzhouensis*)、微小塔塔鼠(*Tataromys parvus*)、*T. plicidens*、塔塔鼠小种(*T. minor*)、千里山双柱鼠(*Distylomys qianlishanensis*)、霍尔果斯准噶尔巨犀(*Dzungariotherium orgosense*)、牙沟巨犀(*Paraceratherium yagouense*).

由于塔奔布鲁克阶典型地点及有关可以准确对比的地点, 没有其他类群化石的报道, 相关内容有待今后补充.

5 中国主要地点的古近系对比

地层对比关系的建立要靠多种手段, 就目前而言, 生物地层手段是最主要的. 由于化石分布的不均一, 可以利用各类化石都丰富都剖面作为基点, 通过不同类

型的化石建立地层对比关系, 再以此为基础逐渐拓展. 同时, 利用其他手段(如古地磁、地球化学、测年等)加以矫正, 并使之更加准确.

建立年代地层框架, 需要更确切、细化的生物地层学资料. 本节涉及的地点和层位都有比较好的地层记录和相对详细的生物地层学工作(图4), 对于根据现有资料无法纳入年代地层框架体系的, 如地层划分和时代存在争议的, 将不在本节中讨论.

5.1 陆相古近系

5.1.1 上湖阶

上湖阶对应于古地磁极性带C27n~C29r中上部, 时限为66~62.22Ma, 相当于丹麦阶的绝大部分(Vandenbergh等, 2012).

上湖阶哺乳动物最突出的特点是古老类群或亚洲特有类群多, *Bemalambda*属在各地上湖阶中都有发现, 南至广东三水, 北到秦岭地区的陕西洛南石门盆地和山阳盆地(Wang等, 1998; Wang Y Q等, 2016). 根据哺乳动物化石, 属于上湖阶的地层包括: 广东南雄盆地的上湖组、三水盆地的莘庄村组、江西池江盆地的狮子口组、湖南茶陵盆地的枣市组、安徽潜山盆地的望虎墩组下段至上段下部、河南潭头盆地的高峪沟组、陕西山阳盆地的鹃岭组和洛南盆地的樊沟组, 其中大部分对比关系得到其他化石的支持, 如介形类(张小�, 1988). 轮藻、介形类、孢粉化石将阜宁组Ⅰ段与上湖阶对比(何俊德, 1979; 王振等, 1979; 杨恒仁, 1979; 李曼英, 1989). 上述对比中, 古地磁研究的结果为建立上湖阶与狮子口组和鹃岭组的对比关系提供了佐证(薛祥煦等, 1994; Clyde等, 2008, 2010). 碳同位素分析的结果支持将上湖阶上部的正极性带与国际标准的C27n对比(Clyde等, 2008).

5.1.2 浓山阶

浓山阶对应于整个磁极性带C26r, 延续时间为62.22~59.2Ma, 相当于国际标准的丹麦阶顶部和塞兰特阶.

根据哺乳动物化石进行的对比, 属于上湖阶的地层包括: 南雄盆地的浓山组、池江盆地的池江组、潜山盆地的望虎墩组上段上部和痘姆组(Wang等, 1998; 王元青等, 2016). 孢粉、腹足类和介形类还将阜宁组Ⅱ~Ⅲ段与浓山阶对比(余汶, 1977; 何俊德, 1979; 李曼英, 1983; 张小筠, 1988), 同时孢粉和介形类还支持将垰心组与浓山阶对比(李曼英, 1983; 张小筠, 1988). 古地磁研究的结果也支持了池江组底界与浓山组底界对比的观点.

5.1.3 巴彦乌兰阶

巴彦乌兰阶对应于磁极性带C26n至C24r下部, 延续时间为59.2~56Ma, 相当于整个国际标准的坦尼特阶.

依据哺乳动物化石, 中国属于巴彦乌兰阶的地层有: 内蒙古二连盆地脑木根组下部、安徽明光的土金山组、安徽宣城和池州的双塔寺组、湖南衡阳盆地的栗木坪组、新疆吐鲁番盆地的台子村组和大步组(Wang等, 1998). 腹足类和介形类则将阜宁组Ⅳ段、双塔寺组和宝月组对比到巴彦乌兰阶(余汶, 1977; 余汶和张显球, 1982; 张显球和李茜, 2010).

5.1.4 岭茶阶

岭茶阶对应于磁极性带C24r下部至C23r下部, 延续时间为56~52Ma, 相当于国际标准的伊普里斯阶下部. 岭茶阶底界的确定过程中, 运用了碳同位素研究方法, 以碳同位素漂移作为标志进行了准确标定.

中国发现岭茶期哺乳动物的地层主要包括: 湖南衡阳盆地的岭茶组、山东昌乐的五图组、鄂豫交界李官桥盆地的玉皇顶组、广东三水盆地的华涌组和内蒙古二连盆地脑木根组上部. 以前, 由于缺乏证据, 将玉皇顶组作为一个整体将时代定为早始新世. 朱敏等(2010)的稳定同位素研究结果显示, 代表古新统/始新统界线的碳同位素负漂出现在玉皇顶组中下部, 这意味着玉皇顶组下部的时代为晚古新世, 应属巴彦乌兰阶. 这也与轮藻的研究结果相一致(戈春培, 1994).

轮藻、介形类组合特征支持将华涌组、戴南组等与岭茶阶对比(戈春培, 1994; 张显球和李茜, 2010).

5.1.5 阿山头阶

阿山头阶对应于磁极性带C23r下部至C20r下部, 延续时间为大约52~45Ma, 相当于国际标准的伊普里斯阶上部和卢泰特阶下部. 阿山头阶底界确定的过程中, 利用不同剖面的古地磁研究结果, 将界线的位置标定得更加准确.

目前, 除阿山头组之外, 可以归入阿山头阶的主要

年龄 (Ma)	磁极性带	标准统/阶	中国阶	广东 南雄盆地	广东 三水盆地	江西 池江盆地	湖南 衡阳盆地	安徽 沿江地区	江苏 苏北盆地	湖北 江汉盆地	湖北 李官桥盆地	河南 豫西地区	云南 滇东地区	内蒙古 二连盆地	内蒙古 千里山	甘肃 兰州盆地	新疆 吐鲁番盆地	新疆 准噶尔盆地
	C6B	新近系 23.0																索索泉组
25	C6C, C7, C7A, C8	渐新统 夏特阶	塔奔布鲁克阶 25.5												伊克布拉格组	咸水河组下段		铁尔斯哈巴合组
30	C9, C10, C11, C12	夏特阶 27.8; 吕珀尔阶 33.9	乌兰塔塔尔阶 33.9											上脑岗代组	乌兰布拉格组		桃树园子组	乌伦古河组
35	C13, C15, C16	始新统 普利亚本阶 37.8	白音阶 37.2										蔡家冲组	下脑岗代组		野狐城组		
	C17	巴顿阶	乌兰戈楚阶 39.9											乌兰戈楚组				
40	C18, C19	巴顿阶 41.2	沙拉木伦阶 42.0						三垛组	荆河镇组			路美邑组	沙拉木伦组				
	C20, C20	卢泰特阶	伊尔丁曼哈阶 45.0							潜江组	核桃园组	卢氏组		伊尔丁曼哈组			连坎组	
45, 50	C21, C22, C23	卢泰特阶 47.8; 伊普里斯阶	阿山头阶 52.0							荆沙组	大仓房组			阿山头组				
55	C24	伊普里斯阶 56.0	岭茶阶 56.0		华涌组		岭茶组	张山集组	戴南组	新沟嘴组	玉皇顶组			脑木根组			十三间房组	
	C25	古新统 坦尼特阶 59.2	巴彦乌兰阶 59.2	古城村组	宝月组	坪湖里组	栗木坪组	双塔寺组	阜宁组四段	沙市组	白营组	潭头组					大步组台子村组	
60	C26	塞兰特阶 61.6	浓山阶 62.22	浓山组	步心组	池江组		痘姆组	阜宁组二—三段			大章组						
65	C27, C28, C29	丹麦阶 66.0	上湖阶 66.0	上湖组	莘庄村组	狮子口组		望虎墩组	阜宁组一段			高峪沟组						
		白垩系																

图 4 中国主要地点陆相古近系对比

含哺乳动物层位有: 李官桥盆地的大仓房组和准噶尔盆地的依希白拉组. 戈春培(1994)认为, 大仓房组的轮藻化石也存在于湖南洞庭盆地的汉寿组、渤海沿岸的沙河街组四段、苏北的三垛组中, 换句话说, 这几个组亦可能属于阿山头阶.

5.1.6 伊尔丁曼哈阶

伊尔丁曼哈阶对应于磁极性带C20r下部至C19r下部, 延续时间为大约45~42Ma, 相当于国际标准的卢泰特阶中上部. 二连盆地有关伊尔丁曼哈阶底界的剖面发育不好, 其他盆地也没有很好的剖面, 这个界线的准确年龄需要进一步的工作加以改进.

根据哺乳动物化石的对比, 李官桥盆地的核桃园组、云南路南路美邑下部、河南卢氏盆地的卢氏组都属于伊尔丁曼哈阶.

5.1.7 沙拉木伦阶

沙拉木伦阶对应于磁极性带C19r下部至C17r中, 延续时间为42~38.4Ma, 相当于国际标准的卢泰特阶顶部和巴顿阶中下部. 沙拉木伦阶底界剖面在二连盆地横向变化比较大, 需要找到更好的剖面加以完善.

根据哺乳动物化石的研究结果, 广西百色盆地那读组、云南路南路美邑组上部可以与沙拉木伦阶对比.

5.1.8 乌兰戈楚阶

乌兰戈楚阶对应于磁极性带C17r中部至C17n.1n近顶部, 延续时间为38.4~37.2Ma, 相当于国际标准的巴顿阶上部和普利亚本阶底部.

根据哺乳动物化石的研究, 内蒙古阿拉善左旗豪斯布尔都盆地的查干布拉格组和曲靖蔡家冲组下部可归入乌兰戈楚阶.

5.1.9 白音阶

白音阶对应于磁极性带C17n.1n近顶部至C13r顶部, 延续时间为37.2~33.9Ma, 相当于国际标准的普利亚本阶大部.

蔡家冲组上部可以归入白音阶.

5.1.10 乌兰塔塔尔阶

乌兰塔塔尔阶对应于磁极性带C13r顶部至C8n中部, 延续时间为33.9~25.6Ma, 相当于国际标准的吕铂尔阶和夏特阶下部.

根据哺乳动物化石, 可以归属乌兰塔塔尔阶的地层包括内蒙古二连盆地的上脑岗代组、鄂托克旗的乌兰布拉格组、阿拉善左旗的乌兰塔塔尔组下部、甘肃兰州盆地狍牛泉组下部等.

5.1.11 塔奔布鲁克阶

塔奔布鲁克阶对应于磁极性带C8n中部至C6Cn.2r, 延续时间为25.6~23.0Ma, 相当于国际标准的夏特阶上部. 根据哺乳动物, 可以归入塔奔布鲁克阶的地层包括: 内蒙古杭锦旗的伊克布拉格组、阿拉善左旗的乌兰塔塔尔组上部.

5.2 与海相地层的对比

中国古近纪海相地层分布局限, 仅在台湾、西藏南部和塔里木盆地. 有关地层中均有有孔虫化石, 可以与国际标准直接对比(王乃文和何希贤, 2018), 全国地层委员会发布的《中国地层表(2014)》也给出了对比方案. 本文的目的是为中国陆相地层对比提供一个初步的年代框架, 有关海相地层的对比就不在此讨论了.

6 小结

中国古近纪年代地层研究, 近年来取得一些进展, 已经发表的成果主要体现在古近纪早期, 基本建立了较好的框架. 采用稳定同位素方法比较准确地标定了古新统/始新统界线; 主要通过磁性地层学的方法与哺乳动物生物地层学相配合, 对古新统和下始新统各阶的界线进行了厘定, 给出了初步的年龄标定, 使得在进行生物演化事件和环境变化等问题的讨论时也有了更为可靠的依据, 在进行洲际对比时也有了可以采用的时间格架.

在渐新世相关工作方面, 也有重要进展, 发现了保存渐新世沉积基本连续、化石丰富的剖面. 根据对化石的初步整理鉴定, 可以认为剖面包括了完整的渐新世地层, 并且存在上下界线, 为建立完善的渐新世年代地层框架奠定了很好的基础.

始新世中晚期的工作相对滞后, 一是由于相关地层发育不连续, 尤其是经典地区, 并且区域变化大, 难

以构建一条时代跨度较大的连续剖面，无法为建立年代地层框架提供足够好的基础支撑；二是一些经典地区长期遗留的地层划分对比问题还没有得到很好的解决. 两者都需要在基础地质工作方面花大力气, 下功夫解决最基本的问题.

按照地层指南的要求建立年代地层框架，需要加强协作，联合攻关，切实围绕建立框架的目标扎实努力, 以取得实效.

参考文献

陈丕基. 1986. 广东南雄上湖组叶肢介化石的发现——并论中国古新世陆相地层. 古生物学报, 25: 385–393

陈丕基, 沈炎彬. 1980. 勐腊近狭叶肢介群与罗佛寨群的时代. 古生物学报, 19: 182–189

戴霜, 方小敏, 宋春晖, 高军平, 高东林, 李吉均. 2005. 青藏高原北部的早期隆升. 科学通报, 50: 673–683

丁林, Maksatbek S, 蔡福龙, 王厚起, 宋培平, 纪伟强, 许强, 张利云, Muhammad Q, Upendra B. 2017. 印度与欧亚大陆初始碰撞时限、封闭方式和过程. 中国科学: 地球科学, 47: 293–309

戈春培. 1994. 湖北南襄盆地枣阳凹陷第三纪轮藻化石及其地层意义. 微体古生物学报, 11: 343–358

关绍曾. 1979. 中南地区白垩纪、早第三纪的介形虫组合及地层的划分和对比. 见: 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 南京地质古生物研究所, 编. 华南中、新生代红层. 北京: 科学出版社. 121–131

关绍曾. 1984. 豫、鄂李官桥盆地早第三纪介形类兼论*Cypris henanensis*的个体发育. 微体古生物学报, 1: 90–99+121–122

何承全, 钱泽书. 1979. 广西百色盆地早第三纪沟鞭藻和疑源类. 古生物学报, 18: 71–88+119–120

何俊德. 1979. 广东南雄盆地晚白垩世-早始新世介形类化石. 见: 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 南京地质古生物研究所, 编. 华南中、新生代红层. 北京: 科学出版社. 240–271

胡修棉, 王建刚, 安慰, Garzanti E, 李娟. 2017. 利用沉积记录精确约束印度-亚洲大陆碰撞时间与过程. 中国科学: 地球科学, 47: 261–283

胡炎坤. 1991. 百色盆地地层的新认识. 广西地质, 4: 13–25

黄仁金. 1988. 广东南雄盆地白垩系与第三系界线及轮藻化石. 古生物学报, 27: 457–474

黄仁金, 张捷芳. 1984. 广东三水盆地晚白垩世-早第三纪轮藻. 中国科学院南京地质古生物研究所丛刊, (9): 169–218

黄学诗. 2003. 安徽嘉山晚古新世哺乳动物群. 古脊椎动物学报, 41: 42–54

黄学诗, 陈烈祖. 1997. 安徽贵池晚古新世哺乳类. 古脊椎动物学报, 35: 49–67

黄学诗, 郑家坚. 1997. 安徽宣城早第三纪哺乳类及双塔寺组的地质时代. 古脊椎动物学报, 35: 290–306

江浩贤. 1983. 内蒙古二连盆地下第三系的划分. 内蒙古地质, (2): 18–36

金玉玕, 陈旭, 戎嘉余. 2000. 国际地层指南: 地层分类、术语和程序. 第2版, 见: 萨尔瓦多, 编. 1994. 北京: 地质出版社. 1–169

李曼英. 1983. 广东南盆地早第三纪孢粉组合. 中国科学院南京地质古生物研究所丛刊, (62): 41–61

李曼英. 1989. 广东南雄盆地古新世早期孢粉组合. 古生物学报, 28: 741–750

李曼英. 2005. 安徽宣州晚白垩世和古近纪孢粉组合. 微体古生物学报, 22: 59–77

李云通. 1984. 中国地层: 13. 中国的第三系. 北京: 地质出版社. 1–362

梁世君, 王发泰, 胡亭, 彭作林, 黄华芳. 1992. 酒泉盆地第三系新的时代划分意见. 石油学报, 13: 103–108

刘俊英. 1988. 内蒙古萨拉木伦地区晚白垩世-第三纪轮藻类. 地层古生物论文集, 19: 129–148

刘俊英. 1989. 云南曲靖蔡家冲地区蔡家冲组轮藻化石. 微体古生物学报, 6: 189–196

刘俊英, 袁鹤然. 2002. 广西百色盆地那读组轮藻化石组合特征及时代. 地质通报, 21: 646–647

邱占祥, 王伴月, 邱铸鼎, 颉光普, 谢骏义, 王晓鸣, 1997. 甘肃兰州盆地咸水河组研究的新进展. 见: 童永生, 张银运, 吴文裕, 编. 演化的实证——纪念杨钟健教授百年诞辰论文集. 北京: 海洋出版社. 177–192

邱铸鼎, 李传夔. 2004. 中国哺乳动物区系的演变与青藏高原的抬升. 中国科学D辑: 地球科学, 34: 845–854

全国地层委员会. 2002. 中国区域年代地层(地质年代)表说明书. 北京: 地质出版社. 1–72

沈炎彬, 张显球. 1979. 广东三水盆地早第三纪的叶肢介化石. 见: 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 南京地质古生物研究所, 编. 华南中、新生代红层. 北京: 科学出版社. 300–304

孙勃, 岳乐平, 王元青, 孟津, 徐永. 2009. 二连盆地下古近系的磁性地层学研究. 地层学杂志, 33: 62–68

汤英俊, 尤玉柱, 徐钦琦, 邱铸鼎, 胡炎坤. 1974. 广西百色盆地、永乐盆地下第三系. 古脊椎动物学报, 12: 279–290

陶继雄, 王红斌, 李文圣, 骆同伟, 马腾飞, 柴辉, 薛培哲. 2017. 内蒙古苏尼特左旗达日罕乌拉地区伊尔丁曼哈组地层层序及古地磁特征. 西部资源, (1): 27–30

童国榜, 郑绵平, 王伟铭, 袁鹤然, 刘俊英, 沈振枢. 2001. 广西百色盆地始新世孢粉组合与环境. 地层学杂志, 25: 273–278

童永生. 1989. 中国始新世中、晚期哺乳动物群. 古生物学报, 28: 663–682

童永生, 郑绍华, 邱铸鼎. 1995. 中国新生代哺乳动物分期. 古脊椎动物学报, 33: 290–314

童永生, 李曼英, 李茜. 2002. 广东南雄盆地白垩系-古近系界线. 地质通报, 21: 668–674
童永生, 李茜, 王元青. 2013. 中国下古近系陆相地层划分框架研究. 地层学杂志, 37: 428–440
王伴月. 1997a. 陆相渐新统划分中的问题及新进展. 地层学杂志, 21: 81–90
王伴月. 1997b. 我国陆相渐新世哺乳动物群的划分及排序. 地层学杂志, 21: 183–191
王伴月, 张玉萍. 1983. 云南曲靖蔡家冲地区下第三系. 古脊椎动物学报, 21: 119–128
王伴月, 张韦. 1997. 广东三水盆地的哺乳动物化石. 古脊椎动物学报, 35: 44–48
王伴月, 邱占祥, 王晓鸣, 颉光普, 谢骏义, Downs W R, 邱铸鼎, 邓涛. 2003. 甘肃省党河地区的新生代地层和青藏高原隆升. 古脊椎动物学报, 41: 66–75
王二七. 2017. 关于印度与欧亚大陆初始碰撞时间的讨论. 中国科学: 地球科学, 47: 284–292
王乃文, 何希贤. 2018. 古近系. 见: 全国地层委员会, 编. 中国地层表(2014)说明书. 北京: 地质出版社. 340–371
王元青, 孟津, 金迅. 2012. 内蒙古二连盆地古近系研究回顾及存在问题. 古脊椎动物学报, 50: 181–203
王元青, 孟津, 倪喜军, 李传夔. 2006. 中国古近纪哺乳动物的辐射. 见: 戎嘉余等主编. 生物的起源、辐射与多样性演变——华夏化石记录的启示. 北京: 科学出版社. 735–755, 948–950
王元青, 孟津, Beard K C, 李茜, 倪喜军, Gebo D L, 白滨, 金迅, 李萍. 2010. 内蒙古二连地区古近纪早期地层序列、哺乳动物演化及其环境响应. 中国科学: 地球科学, 40: 1277–1286
王振, 卢辉楠, 黄仁金. 1979. 从轮藻化石谈华南白垩纪和早第三纪红层的时代划分和对比. 见: 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 南京地质古生物研究所, 编. 华南中、新生代红层. 北京: 科学出版社. 98–110
魏景明, 童永生. 1992. 准噶尔盆地北缘古新世和始新世地层的划分及其时代. 石油学报, 13: 116–120
吴玉书. 1981. 广西百色盆地那读组孢粉组合. 古生物学报, 20: 93–94
薛祥煦, 岳乐平, 张云翔. 1994. 陕西山阳盆地红色底层的磁性、生物和岩石地层接线的对比. 中国科学B辑, 24: 413–417
杨恒仁. 1979. 应用介形类动物群划分和对比华南晚白垩世-早第三纪地层. 见: 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 南京地质古生物研究所, 编. 华南中、新生代红层. 北京: 科学出版社. 111–120
杨荣玉. 1994. 广西百色盆地第三系孢粉组合及时代. 广西地质, 7: 1–11
余汶. 1977. 华南白垩纪和早第三纪非海相腹足类化石及其地层意义. 古生物学报, 16: 43–68+162–165
余汶, 张显球. 1982. 广东三水盆地晚白垩世和早第三非海相腹足类化石. 中国科学院南京地质古生物研究所集刊, (17): 37–84
余汶, 潘华璋, 王惠基. 1982. 皖南晚白垩世和早第三纪非海相腹足类化石. 中国科学院南京地质古生物研究所集刊, (17): 1–36
余汶, 顾和林, 张显球. 1990. 广东南雄盆地晚白垩世-早第三纪非海相腹足类组合序列. 古生物学报, 29: 160–182
岳乐平, Heller F, 邱占祥, 张莉, 颉光普, 邱铸鼎, 张云翔. 2000. 兰州盆地第三系磁性地层年代与古环境记录. 科学通报, 45: 1998–2003
翟毓沛, 蔡体梁. 1984. 甘肃的第三系. 甘肃地质, : 1–40
张韦, 林汉伟. 2000. 广东中、新生代叶肢介组合序列兼论东、西江的起源. 地层学杂志, 24: 300–302
张显球, 李茜. 2010. 湖南衡阳盆地岭茶地区古近纪介形类动物群. 古生物学报, 49: 487–501
张小筠. 1988. 中国东部白垩-第三纪介形类组合. 地层古生物论文集, 19: 107–120
张一勇, 钱泽书. 1992. 江苏北部始新统戴南组、三垛组孢粉植物群及古生态环境. 微体古生物学报, 9: 1–24+111–116
张一勇, 李建国. 2000. 第三纪年代地层研究和中国第三纪年代地层表. 地层学杂志, 24: 120–125
张一勇, 兰琇, 杨恒仁. 2000. 中国古近纪(Paleogene)和新近纪(Neogene)生物地层. 见: 中国科学院南京地质古生物研究所, 编. 中国地层研究二十年(1979~1999). 合肥: 中国科学技术大学出版社. 347–372
张玉萍, 童永生. 1981. 华南古新世哺乳类一新科. 古脊椎动物学报, 19: 133–144
章森桂, 张允白, 严惠君. 2015. 《中国地层表》(2014)正式使用. 地层学杂志, 39: 359–366
赵世德. 1985. 内蒙古二连盆地晚白垩世和早第三纪介形类化石. 见: 中国微体古生物学会, 编. 微体古生物学论文选集. 北京: 科学出版社. 109–118
赵资奎, 叶捷, 王强. 2017. 南雄盆地白垩纪-古近纪交界恐龙灭绝和哺乳动物复苏. 科学通报, 62: 1869–1881
中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 南京地质古生物研究所. 1979. 华南中、新生代红层——广东南雄“华南白垩纪-早第三纪红层现场会议”论文选集. 北京: 科学出版社. 1–494
中国科学院古脊椎动物与古人类研究所华南红层队. 1977. 华南古新世哺乳动物化石层位与动物群. 中国科学, 1977: 232–244
朱敏, 丁仲礼, 王旭, 陈祚伶, 蒋汉朝, 董欣欣, 季军良, 唐自华, 罗攀. 2010. 南阳盆地PETM事件的高分辨率碳同位素记录. 科学通报, 55: 2400–2405
Archibald J D, Clemens W A, Gingerich P D, Krause E W, Lindsay E H, Rose K D. 1987. First North American land mammal ages of the Cenozoic era. In: Woodburne M O, ed. Cenozoic Mammals of North America: Geochronology and Biostratigraphy. Berkeley: University of California Press. 24–76
Aubry M P, Berggren W A, Van Couvering J A, McGowran B, Pillans

B, Hilgen F. 2005. Quaternary: Status, rank, definition, survival. Episodes, 28: 118–120

Aubry M P, Lucas S G, Berggren W A. 1998. Late Paleocene-early Eocene Climatic and Biotic Events in the Marine and Terrestrial Records. New York: Columbia University Press. 1–508

Aubry M P, Ouda K, Dupuis C, Berggren W A, Van Couvering J A, Ali J R, Brinkhuis H, Gingerich P D, Heilmann-Clausen C, Hooker J J, Kent D V, King C, Knox R W O B, Laga P, Molina E, Schmitz B, Steurbaut E, Ward D R. 2007. The Global Standard Stratotype-section and Point (GSSP) for the base of the Eocene Series in the Dababiya section (Egypt). Episodes, 30: 271–286

Beard K C, Dawson M R. 1999. Intercontinental dispersal of Holarctic land mammals near the Paleocene/Eocene boundary: Paleogeographic, paleoclimatic and biostratigraphic implications. Bull Soc Geol France, 170: 697–706

Berggren W A. 1998. The Cenozoic Era: Lyellian (chrono)stratigraphy and nomenclatural reform at the millennium. Geol Soc Lond Spec Publ, 143: 111–132

Berggren W A, Kent D V, Swisher C C, III, Aubry M P. 1995. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In: Geochronology, Time Scales, and Global Stratigraphic Correlation. SEPM Spec Publ, 54: 129–212

Bohlin B. 1951. Some mammalian remains from Shih-ehr-ma-ch′eng, Hui-hui-p′u area, western Kansu. Sino-Swedish Expedition Publications, 35: 1–46

Bowen G J, Clyde W C, Koch P L, Ting S, Alroy J, Tsubamoto T, Wang Y, Wang Y. 2002. Mammalian dispersal at the Paleocene/Eocene boundary. Science, 295: 2062–2065

Bowen G J, Koch P L, Meng J, Ye J, Ting S. 2005. Age and correlation of fossiliferous Late Paleocene-Early Eocene Strata of the Erlian Basin, Inner Mongolia, China. Am Mus Novit, 3474: 1–26

Chen Z L, Ding Z L, Tang Z H, Wang X, Yang S L. 2014a. Early Eocene carbon isotope excursions: Evidence from the terrestrial coal seam in the Fushun Basin, Northeast China. Geophys Res Lett, 41: 3559–3564

Chen Z L, Ding Z L, Yang S L, Zhang C X, Wang X. 2016. Increased precipitation and weathering across the Paleocene-Eocene thermal maximum in central China. Geochem Geophys Geosyst, 17: 2286–2297

Chen Z L, Wang X, Hu J F, Yang S L, Zhu M, Dong X X, Tang Z H, Peng P A, Ding Z L. 2014b. Structure of the carbon isotope excursion in a high-resolution lacustrine Paleocene-Eocene Thermal Maximum record from central China. Earth Planet Sci Lett, 408: 331–340

Clyde W C, Ting S, Snell K E, Bowen G J, Tong Y, Koch P L, Li Q, Wang Y. 2010. New paleomagnetic and stable-isotope results from the Nanxiong Basin, China: Implications for the K/T boundary and the timing of Paleocene mammalian turnover. J Geol, 118: 131–143

Clyde W C, Tong Y, Snell K E, Bowen G J, Ting S, Koch P L, Li Q, Wang Y, Meng J. 2008. An integrated stratigraphic record from the Paleocene of the Chijiang Basin, Jiangxi Province (China): Implications for mammalian turnover and Asian block rotations. Earth Planet Sci Lett, 269: 554–564

Coccioni R, Montanari A, Bice D, Brinkhuis H, Deino A, Frontalini F, Lirer F, Maiorano P, Monechi S, Pross J, Rochette P, Sagnotti L, Sideri M, Sprovieri M, Tateo F, Touchard Y, Van Simaeys S, Williams G. 2018. The global stratotype section and point (GSSP) for the base of the Chattian Stage (Paleogene System, Oligocene Series) at Monte Cagnero, Italy. Episodes, 41: 17–32

Cowie J W, Bassett M G. 1989. 1989 global stratigraphic chart with geochronometric and magnetostratigraphic calibration. Episodes, 12: supplement

Daxner-Höck G, Badamgarav D, Barsbold R, Bayarmaa B, Erbajeva M, Göhlich U B, Harzhauser M, Höck E, Höck V, Ichinnorov N, Khand Y, López-Guerrero P, Maridet O, Neubauer T, Oliver A, Piller W, Tsogtbaatar K, Ziegler R. 2017. Oligocene stratigraphy across the Eocene and Miocene boundaries in the Valley of Lakes (Mongolia). Palaeobio Palaeoenv, 97: 111–218

Erben H K, Ashraf A R, Bohm H. 1995. Die Kreide/Tertiar-Grenze im Nanxiong-Becken (Kontinentalfazies, Südostchina). Mainz: Franz Steiner Verlag, Erdwiss Forsch, 32: 1–245

Gehler A, Gingerich P D, Pack A. 2016. Temperature and atmospheric CO_2 concentration estimates through the PETM using triple oxygen isotope analysis of mammalian bioapatite. Proc Natl Acad Sci USA, 113: 7739–7744

Gingerich P D. 2016. Paleocene faunal evolution at Polecat Bench in the northern Bighorn Basin of Wyoming, U.S.A. Vert PalAsiat, 54: 212–234

Harland W B, Armstrong R L, Cox A V, Craig L E, Smith A G, Smith D G. 1990. A Geologic Time Scale 1989. Cambridge: Cambridge University Press. 1–263

Head M J, Gibbard P, Salvador A. 2008. The Tertiary: A proposal for its formal definition. Episodes, 31: 248–250

Ingalls M, Rowley D B, Olack G, Currie B, Li S Y, Schmidt J, Tremblay M, Polissar P, Shuster D L, Lin D, Colman A. 2017. Paleocene to Pliocene low-latitude, high-elevation basins of southern Tibet: Implications for tectonic models of India-Asia collision, Cenozoic climate, and geochemical weathering. GSA Bull, 130: 307–330

Jenkins D G, Luterbacher H. 1992. Paleogene stages and their boundaries: Introductory remarks. N Jb Geol Paläont, Abh, 186: 1–5

Jiang H C, Zhong N, Li Y H, Xu H Y, Ma X L, Meng Y F, Mao X. 2014. Magnetostratigraphy and grain size record of the Xijiadian fluviolacustrine sediments in East China and its implied stepwise enhancement of the westerly circulation during the Eocene period. J Geophys Res-Solid Earth, 119: 7442–7457

Li C K, Ting S Y. 1983. The Paleogene mammals of China. Bull Carnegie Mus Nat Hist, 21: 1–93

Li L Z, Ni X J, Lu X Y, Li Q. 2017. First record of *Cricetops* rodent in the Oligocene of southwestern China. Hist Biol, 29: 488–494

Li Q, Gong Y X, Wang Y Q. 2017. New dipodid rodents from the Late Eocene of Erden Obo (Nei Mongol, China). Hist Biol, 29: 692–703

Li Q, Meng J, Wang Y Q. 2016. New cricetid rodents from strata near the Eocene-Oligocene boundary in Erden Obo Section (Nei Mongol, China). PLoS ONE, 11: e0156233

Liu G W, Yang R Y. 1999. Pollen assemblages of the Late Eocene Nadu Formation from the Bose Basin of Guangxi, Southern China. Palynology, 23: 97–114

Liu L P. 2001. Eocene suoids (Artiodactyla, Mammalia) from Bose and Yongle basins, China, and the classification and evolution of the Paleogene suoids. Vert PalAsiat, 39: 115–128

Lofgren D L, Lillegraven J A, Clemens W A, Gingerich P D, Williamson T E. 2004. Paleocene biochronology: The Puercan through Clarkforkian land mammal ages. In: Woodburne M O, ed. Late Cretaceous and Cenozoic Mammals of North America: Biostratigraphy and Geochronology. New York: Columbia University Press. 43–105

Luterbacher H P, Ali J R, Brinkhuis H, Gradstein F M, Hooker J J, Monechi S, Ogg J G, Powell J, Röhl U, Sanfilippo A, Schmitz B. 2004. The Paleogene Period. In: Gradstein F M, Ogg J G, Smith A, eds. A Geological Time Scale 2004. Cambridge: Cambridge University Press. 384–408

Maridet O, Ni X. 2013. A new cricetid rodent from the early Oligocene of Yunnan, China, and its evolutionary implications for early Eurasian cricetids. J Vert Paleontol, 33: 185–194

Meng J, McKenna M C. 1998. Faunal turnovers of Palaeogene mammals from the Mongolian Plateau. Nature, 394: 364–367

Meng J, Wang Y Q, Ni X J, Beard K C, Sun C K, Li Q, Jin X, Bai B. 2007. New stratigraphic data from the Erlian Basin: Implications for the division, correlation, and definition of Paleogene lithological units in Nei Mongol (Inner Mongolia). Am Mus Novit, 3570: 1–31

Meng J, Zhai R J, Wyss A R. 1998. The Late Paleocene Bayan Ulan fauna of Inner Mongolia, China. In: Beard K C, Dawson M R, eds. Dawn of the Age of Mammals in Asia. Bull Carnegie Mus Nat Hist, 34: 148–185

Molina E, Alegret L, Arenillas I, Arz J A, Gallala N, Hardenbol J, von Salis K, Steurbaut E, Vandenberghe N, Zaghbib-Turki D. 2006. The global boundary stratotype section and point for the base of the Danian Stage (Paleocene, Paleogene, “Tertiary”, Cenozoic) at El Kef, Tunisia—Original definition and revision. Episodes, 29: 263–273

Molina E, Alegret L, Apellaniz E, Bernaola G, Caballero F, Dinarès-Turell J, Hardenbol J, Heilmann-Clausen C, Larrasoaña J C, Luterbacher H, Monechi S, Ortiz S, Orue-Etxebarria X, Payros A, Pujalte V, Rodríguez-Tovar F J, Tori F, Tosquella J, Uchman A. 2011. The global stratotype section and point (GSSP) for the base of the Lutetian Stage at the Gorrondatxe section, Spain. Episodes, 34: 86–108

Ogg J G. 2012. Geomagnetic polarity time scale. In: Gradstein F M, Ogg J G, Schmitz M D, Ogg G M, eds. The Geologic Time Scale 2012. Oxford: Elsevier BV. 85–113

Premoli Silva I, Jenkins G D. 1993. Decision on the Eocene-Oligocene boundary stratotype. Episodes, 16: 379–382

Prothero D R, Berggren W A. 1992. Eocene-Oligocene Climate and Biotic Evolution. Princeton: Princeton University Press. 1–568

Remane J. 2000. International Stratigraphic Chart. International Union of Geological Sciences, and UNESCO Division of Earth Sciences, Paris: 1

Romer A S. 1966. Vertebrate Paleontology. Chicago and London: University of Chicago Press. 1–467

Schmitz B, Pujalte V, Molina E, Monechi S, Orue-Etxebarria X, Speijer R P, Alegret L, Apellaniz E, Arenillas I, Aubry M P, Baceta J I, Berggren W A, Bernaola G, Caballero F, Clemmensen A, Dinarès-Turell J, Dupuis C, Heilmann-Clausen C, Orús A H, Knox R, Martín-Rubio M, Ortiz S, Payros A, Petrizzo M R, von Salis K, Sprong J, Steurbaut E, Thomsen E. 2011. The global stratotype sections and points for the bases of the Selandian (Middle Paleocene) and Thanetian (Upper Paleocene) stages at Zumaia, Spain. Episodes, 34: 220–243

Ting S Y. 1998. Paleocene and early Eocene land mammal ages of Asia. In: Beard K C, Dawson M R, eds. Dawn of the Age of Mammals in Asia. Bull Carnegie Mus Nat Hist, 34: 127–147

Ting S Y, Bowen G J, Koch P L, Clyde W C, Wang Y Q, Wang Y, McKenna M C. 2003. Biostratigraphic, chemostratigraphic, and magnetostratigraphic study across the Paleocene-Eocene boundary in the Hengyang Basin, Hunan, China. In: Wing S L, Gingerich P D, Schmitz B, Thomas E, eds. Causes and Consequences of Globally Warm Climates in the Early Paleogene. Geol Soc Am Spec Pap, 369: 521–535

Ting S Y, Tong Y S, Clyde W C, Koch P L, Meng J, Wang Y Q, Bowen G J, Li Q, Snell K E. 2011. Asian early Paleogene chronology and mammalian faunal turnover events. Vert PalAsiat, 49: 1–28

Vandenberghe N, Hilgen F J, Speijer R P. 2012. The Paleogene Period.

In: Gradstein F M, Ogg J G, Schmitz M D, Ogg G M, eds. The Geologic Time Scale 2012. Oxford: Elsevier BV. 855–922

Wang H B, Bai B, Meng J, Wang Y Q. 2016. Earliest known unequivocal rhinocerotoid sheds new light on the origin of giant rhinos and phylogeny of early rhinocerotoids. Sci Rep, 6: 39607, 1–9

Wang X M, Zhai R J. 1995. *Carnilestes*, a new primitive lipotyphlan (Insectivora: Mammalia) from the Early and Middle Paleocene, Nanxiong Basin, China. J Vert Paleontol, 15: 131–145

Wang X M, Wang B Y, Qiu Z X. 2008. Early explorations of Tabenbuluk region (western Gansu Province) by Birger Bohlin—Reconciling classic vertebrate fossil localities with modern stratigraphy. Vert PalAsiat, 46: 1–19

Wang Y Q, Jin X. 2004. A new Paleocene tillodont (Tillodontia, Mammalia) from Qianshan, Anhui, with a review of Paleocene tillodonts from China. Vert PalAsiat, 42: 13–26

Wang Y Q, Tong Y S, Li Q. 2011. Chinese continental Paleocene-Eocene boundary and its correlation. Acta Geol Sin-Engl Ed, 85: 443–451

Wang Y Q, Li C K, Li Q, Li D S. 2016. A synopsis of Paleocene stratigraphy and vertebrate paleontology in the Qianshan Basin, Anhui, China. Vert PalAsiat, 54: 89–120

Wang Y Q, Hu Y M, Chow M C, Li C K. 1998. Chinese Paleocene mammal faunas and their correlation. In: Beard K C, Dawson M R, eds. Dawn of the Age of Mammals in Asia. Bull Carnegie Mus Nat Hist, 34: 89–123

Wood H E, Chaney R W, Clark J, Colbert E H, Jepsen G L, Reeside J B, Stock C. 1941. Nomenclature and correlation of the North American continental Tertiary. GSA Bull, 52: 1–48

Woodburne J M. 1987. Mammal ages, stages, and zones. In: Woodburne M O, ed. Cenozoic Mammals of North America: Geochronology and Biostratigraphy. Berkeley: University of California Press. 18–23

Zhang Z Q, Wang J. 2016. On the geological age of mammalian fossils from Shanmacheng, Gansu Province. Vert PalAsiat, 54: 351–357

Zhang Z Q, Liu Y, Wang L H, Kaakinen A, Wang J, Mao F Y, Tong Y S. 2016. Lithostratigraphic context of Oligocene mammalian faunas from Ulantatal, Nei Mongol, China. C R Palevol, 15: 903–910

(责任编委: 沈树忠)